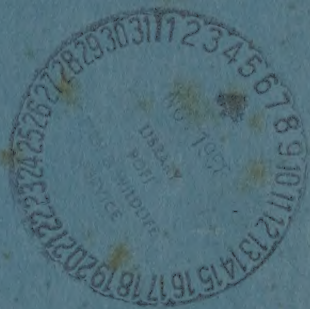


D
C
R

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín
Vol. III, No. 1



**BIOMETRIC COMPARISON OF THE ANCHOVETA, *CETENGRAULIS*
MYSTICETUS (GÜNTHER), FROM TEN LOCALITIES OF
THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN**

**COMPARACION BIOMETRICA EN ANCHOVETAS, *CETENGRAULIS*
MYSTICETUS (GÜNTHER), DE DIEZ LOCALIDADES DEL
OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL**

by — por
JULIO BERDEGUE A.

La Jolla, California

1958

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. III, No. 1

BIOMETRIC COMPARISON OF THE ANCHOVETA, *CETENGRAULIS*
***MYSTICETUS* (GÜNTHER), FROM TEN LOCALITIES OF**
THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

COMPARACION BIOMETRICA EN ANCHOVETAS, *CETENGRAULIS*
***MYSTICETUS* (GÜNTHER), DE DIEZ LOCALIDADES DEL**
OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

by — por
JULIO BERDEGUE A.

La Jolla, California

1958

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
SUMMARY	3
ACKNOWLEDGEMENTS	4
INTRODUCTION	4
THE PROBLEM	5
MATERIAL	6
CHARACTERS SELECTED AND TECHNIQUES USED	8
SEXUAL DIMORPHISM	9
RESULTS	9
Meristic characters	9
• Number of anal fin rays	9
Number of scales in a longitudinal series	11
Number of vertebrae	11
Number of gill rakers	12
Morphometric characters	14
Head-length on standard length	15
Body-depth on standard length	16
Eye-diameter on head-length	17
THE GULF OF NICOYA POPULATION	18
DISCUSSION	19
FIGURES - ILUSTRACIONES	22
TABLES - TABLAS	39

SPANISH VERSION - VERSION EN ESPAÑOL

	Página
RESUMEN	54
AGRADECIMIENTOS	55
INTRODUCCION	55
EL PROBLEMA	56
MATERIAL	57
CARACTERES SELECCIONADOS Y METODOS EMPLEADOS	59
DIMORFISMO SEXUAL	61
RESULTADOS	61
Caracteres numéricos	61
Número de radios en la aleta anal	61
Número de escamas en una serie longitudinal	63
Número de vértebras	63
Número de branquiaspinas	64
Caracteres morfométricos	66
Longitud cefálica con respecto a la longitud standard	67
Altura del cuerpo con relación a la longitud standard	69
Diámetro ocular en relación con la longitud cefálica	70
LA POBLACION DEL GOLFO DE NICOYA	71
DISCUSION	72
LITERATURE CITED - BIBLIOGRAFIA CITADA	75

BIOMETRIC COMPARISON OF THE ANCHOVETA, *CETENGRAULIS*
MYSTICETUS (GÜNTHER), FROM TEN LOCALITIES OF
THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN

by

Julio Berdegúé A.

SUMMARY

It is important to the Inter-American Tropical Tuna Commission to know whether the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), the principal tuna bait species in the Eastern Tropical Pacific Ocean, is composed of one or several populations. Earlier research indicated that, on the basis of significant differences in certain meristic counts, populations of this species in six of the major baiting localities between Mexico and Peru, should provisionally be considered as separate stocks. Since that time, additional collections of anchovetas have been obtained from these and other intervening localities. Purpose of the present study was to confirm the results of the earlier work, and to determine whether the differences in the meristic counts persisted from year to year, as well as to examine certain morphometric characters of the fish from these areas, and to learn whether the populations from the other localities are also separate entities.

Anchovetas were examined from the following ten localities ranging from Mexico to Colombia: Almejas Bay, San Felipe, Guaymas Bay, Ahome Point, Banderas Bay, Gulf of Tehuantepec, Gulf of Nicoya, Montijo Bay, Gulf of Panama and Soldado Point.

Four meristic and three morphometric characters were selected for study, namely: anal fin rays, scales in a longitudinal series, vertebrae, gill rakers on the first gill arch, head-length, body-depth and eye-diameter. Only fish between 100 and 130 mm. in standard length were examined. This size-range corresponds to fish in their first year of life.

The four meristic characters were compared by means of the t-test. Since gill-raker counts increase with length of fish, these counts were also compared by the aid of the regressions of number of gill rakers on fish length. With the narrow range of sizes selected, the results by both methods proved to be similar.

The three morphometric characters were compared by both the t-test (for the comparison of the mean proportion of head-length on standard length, depth on standard length, and eye-diameter on head-length), and by an analysis of covariance. With the restricted size-range selected, both methods yielded almost identical results.

The characters selected showed significant differences among the ten localities which indicates that anchovetas in these areas belong to more than one population group. Further analysis demonstrated that the specimens from each locality were

significantly different from those in each of the other localities for one or more of the characters selected, and, in fact, the majority differed in four or five of the seven characters examined. Separation of the localities into northern and southern "faunal regions" showed that, although there seems to be a tendency for differences to exist between these two arbitrarily selected faunal groups, the data, as a whole did not suggest a definite latitudinal clinal progression.

The results offer further evidence that anchovetas from different localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean are separated into several independent or semi-independent populations. They also show that some of the significant differences between localities persist from year to year, regardless of whether these differences are phenotypic or genotypic.

ACKNOWLEDGEMENTS

Considerable assistance with X-ray techniques was given by Mr. Robert L. Wisner of the Scripps Institution of Oceanography. Thanks are here also expressed to the authorities of this Institution for permitting the use of its X-ray unit, and to the tuna fishermen for their continuing interest in collecting samples of bait fishes for the Commission.

INTRODUCTION

The anchoveta, *Cetengraulis mysticetus*, (Günther), is found in bays and estuaries over a wide range extending from San Felipe at the northern end of the Gulf of California to northern Peru. This extensive habitat and abundance, combined with a wide range of temperature and salinity tolerance, and the ability to live well in the tanks of the bait boats (Alverson and Shimada, 1957), makes this species the most important bait fish utilized in the tuna fishery of the Eastern Pacific Ocean; it provides about 50 per cent of the bait used by the California tuna fleet.

As more than three-fourths of the total annual catches of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Pacific Ocean is caught with live bait, the increased fishing of tropical tunas of recent years has made it necessary to find answers to the biological problems related to the utilization of the different bait species so that maximum sustained yields may be obtained.

In order to have a rational basis for management and exploitation of these natural resources, and as an important step in understanding the biology and life history of the bait species, we must have a good knowledge of the taxonomic identity of the stocks supporting the fishery. A meristic study has previously been made of anchovetas from six of the major baiting localities from the Eastern Pacific Ocean, from which it was concluded that the populations found in each of these areas were probably discrete (Howard, 1954). The purpose of this paper is to supplement Howard's study, adding new localities from which the Inter-American Tropical Tuna Commission has been able to obtain collections in the last few years, and using additional morphometric and meristic characters to assist in determining the taxonomic significance of the geographically separate anchoveta populations throughout the entire range of the species.

THE PROBLEM

When a species is commercially exploited throughout a wide range, it is important to know whether the catch comes from one single population, or from several truly independent or semi-independent populations.* It is important because in the second instance the fishing intensity on the population at one locality would have little or no effect on the others, whereas if the fishery depends entirely on one stock of fish, quantities caught in any one locality will affect the populations in other areas.

Alverson and Shimada (1957) demonstrated that at present levels of exploitation there is no imminent danger of these bait-fish populations being reduced to sizes below those corresponding to the maximum sustained harvest. To reach this conclusion, they considered that the populations in each of the major baiting areas Almejas Bay, Ahome Point, Guaymas, Gulf of Fonseca, and Gulf of Panama (see Fig. 1), were probably discrete biological units as previously determined by Howard (1954).

It is well known that a species can exhibit morphologically different subpopulations. These morphometric differences can arise as a result of changes in the local environment during the phenocritical period of development, or they may be genetic differences resulting from natural selection during long periods of geographical isolation (Hubbs, 1922, 1926; McHugh, 1942, 1954; Howard, 1954; DeSilva, Stearns, and Tabb, 1956, etc.). Howard, selecting as meristic characters the dorsal and anal fin rays, the gill rakers and vertebrae concluded that, whether the cause of variation in the populations of anchoveta is genetic or environmental, there seems to be no free inter-change of anchovetas between the six principal baiting areas, though there could be partial inter-mixing.

Since the morphological differences between populations are generally apparent in several characters, in this study, in addition to the meristic characters employed by Howard, several body-proportions were also examined.

The fact that morphological and meristic characters of fishes are determined both by genotypical and environmental factors during the period of development, makes it desirable, when comparing fish from different areas, to take counts and measurements from fish of the same year class only, unless the range of possible environmental variation is first measured and only differences significantly in excess of such variations are accepted (Rounsefell and Everhart, 1953). Even significant differences between samples of fish of the same year class from different localities may be caused by environmental differences between localities. However, repeated significant differences within the same year classes occurring year after year indicate that the fish are not all from the same stock, regardless of whether the differences are genetic or environmental in origin. With this in mind, it was decided to re-examine the meristic characters chosen by Howard to ascertain whether the differences that he found persisted after a lapse of several years.

The amount of intermingling between the different populations of a species can be ascertained most directly by marking and releasing individuals. For several years

* The term "population" is used throughout this paper to denote a group of individuals occupying a continuous environment and interbreeding freely with themselves. Between such groups there are often found morphological differences of either genotypic or phenotypic origin.

the Inter-American Tropical Tuna Commission has been trying to develop a program of tagging anchoveta in the Gulf of Panama suitable for the detection of any inter-mixing between the major baiting areas and the amount of migration within the different regions of the Gulf. Partly because of technical difficulties in developing a suitable tag, and partly because of the very moderate fishing effort coupled with the high natural mortality and short life span of the anchoveta, the results have so far been inconclusive. Until such time as success is achieved with a tagging program, the indirect method of studying population differences by means of morphological comparisons, will have to be used.

MATERIAL

Since 1951, the Commission has been obtaining samples of anchoveta from the California tuna fleet bait catches, by providing the boats with cans in which to keep samples frozen until they are turned over to the Commission's representative when the vessel arrives at its port of origin. From these samples, sub-samples of approximately 100 fish are selected at random and preserved in 10 per cent formalin. All collections used in this study were subjected to the same handling procedure with the exception of the anchovetas from the Gulf of Nicoya, and San Felipe.

A total of 753 fish from 32 collections taken in ten different localities have been examined (Table 1). The localities from which the samples originated are: Almejas Bay, San Felipe, Guaymas Bay, Ahome Point, Banderas Bay and the Gulf of Tehuantepec in Mexican waters; the Gulf of Nicoya in Costa Rica; Montijo Bay and the Gulf of Panama in Panamanian waters and Soldado Point in Columbia (Figure 1).

Since tuna are variable seasonally in their availability to the fishery, the fishermen tend to congregate in certain localities at times when experience has taught them to expect the best fishing (Shimada and Schaefer, 1956). For the California bait boat fleet one of the keys to successful fishing is live bait. Because considerable time and effort is needed to acquire and keep it in good condition, the bait is taken as close as possible to the tuna fishing grounds. Some of the baiting areas are, therefore, only fished at certain times of the year. Furthermore, the periodic closing of certain baiting areas by local government regulations increases the difficulty of obtaining regular, periodic samples from any one given area.

For these reasons, no samples were obtained by fishing boats from San Felipe and Nicoya, during the years selected for this study. In these two localities, the samples used were collected by members of the Commission's staff and were directly preserved in formalin without prior freezing.

The possibility was investigated that freezing could cause differences in body proportions between fish from these two localities and those from the other eight. In order to ascertain if a "between-handling-method" source of variance existed, a collection of anchovetas from Panama Bay was randomly divided in two sub-samples of 50 fish each. Fish from one of the sub-samples were frozen immediately after capture, kept frozen for 46 days, preserved in formalin for another six days and then measured. The other sub-sample was directly preserved in formalin for 50 days before being measured.

The relationship in the two sub-samples between head-length and standard length, between body-depth and standard length and between eye-diameter and head-length were compared by analysis of covariance (Kendall, 1946). The variance ratios computed in Table 2 show that the regression lines of head-length and body-depth on standard length are not significantly* different in either case and, therefore, there is no reason to reject the hypothesis that the handling method does not affect these measurements. For the regressions of eye-diameter on head-length, there is a significant difference in the slopes of the regression lines of the two sub-samples and we have to reject the hypothesis that they belong to the same population. Our experiment indicated that there seems to be a systematic shrinkage in eye-diameter, relative to head-length, as a result of freezing.

The head-lengths and body-depths of anchovetas from San Felipe and Nicoya can, therefore, be safely compared with those of anchovetas from the other localities. Eye-diameter in relation to head-length has to be treated with caution.

All the fish examined in this study were between 100 and 130 mm. in standard length. This limitation in the size-range of fish to be examined was based on the studies of Howard and Landa (1958), which seemed to indicate that anchovetas in the Gulf of Panama grew to about 130 to 140 mm. in standard length in their first year. Therefore, all the fish examined by us were probably one year old or less and belonged to a single age group. The 30 mm. range was selected as being most suitable for comparing proportional characters of fish from different localities, rendering the mean lengths and ranges of sizes for different areas more nearly similar than if all the fish available had been compared.

Due to fleet movements and to varying availability throughout the year, samples of fish of the required lengths were not available for all localities in the same year. In 1956 representative collections of anchoveta from the "northern" localities (San Felipe, Guaymas, Banderas, Ahome and Tehuantepec) were obtained, while for the "southern" localities (Nicoya, Montijo, Panama and Colombia) and also from Almejas Bay, a northern area, samples taken in 1955 were used. For Panama and Ahome, representative collections of the chosen size-range of anchovetas for both years were available, and so comparisons between years were made. Anal fin rays, vertebral counts, and head-length in standard length were compared, and for each of these three characters no significant differences were found between samples taken in 1955 and 1956. Hence it was assumed that these two year classes could safely be used, for comparing localities.

These limitations as to which fish from each sample were usable explain the discrepancies between the number of fish examined from each locality (Fig. 2). Since Howard (1954) did not find any significant "among samples" variation within any of the localities studied, a specific number of fish was not selected for each sub-sample of a locality. Rather, an attempt was made to examine a composite sample of 100 anchovetas of the specific length range from each locality. However, some collections did not enable the selection of 100 fish.

* Unless otherwise stated, in this paper a probability of one chance in a hundred is taken as the maximum value for a conclusion of significance.

Figure 2 shows that, with the exception of those from Tehuantepec, for which only a small sample of big fish was available, the samples provided a fair representation of the size range selected.

CHARACTERS SELECTED AND TECHNIQUES USED

The meristic and morphometric characters used in this study were:

Meristic characters

- Number of anal fin rays
- Number of scales in a longitudinal series
- Number of vertebrae
- Number of gill rakers on the first gill arch

Morphometric characters

- Length of head
- Depth of body
- Diameter of eye

In the anchoveta, as in many other fish, the last one or two anal fin rays branch close to the base, so all the counts were made following the criteria of Hubbs and Lagler (1949, p. 10) whereby the last two anal fin rays are counted as one. As a check all counts were repeated. Counts were made under a binocular microscope after carefully removing the scale sheet from the small anal fin with the aid of a scalpel. This simple dissection revealed a first anal fin ray, generally enclosed in the muscle of the animal. This ray was always counted. Howard (1954, p. 9) counted "... all rays, however small, which could be seen without dissection," so his anal fin ray counts were one less than the counts made for this study. In comparing both sets of data (Figure 5) one fin ray was added to Howard's count.

The lateral line is lacking in the anchoveta and the scales are generally small and deciduous. The number of scales in a longitudinal series was counted from the first scale behind the upper angle of the opercle to the end of the caudal peduncle. The counting was made under a binocular microscope following the row of scales lying in the mid-line of the body and excluding the scales extending over the caudal fin beyond the hypural fold. The scales were always counted twice.

Vertebral counts were made from X-ray photographs and Clothier's (1950) technique of counting the total number of segments including the atlas and the urostyle was followed. Vertebrae were counted twice to ensure accuracy.

In order to count accurately the numerous slender and easily-broken gill rakers, the first gill arch from the right side of the fish was removed and mounted on a piece of heavy cardboard, the limbs being separated with the aid of pins. This procedure recommended by Howard, was found to be of great help in increasing the accuracy and speed of counting. Gill rakers on the lower and upper limb of the first gill arch were recorded separately and both figures added to obtain the total number of gill rakers on the first gill arch.

Standard length was measured from the tip of the snout to the end of the hypural plate. This measurement was recorded so that meristic counts and other body measurements could be associated with length. Head-length was measured as the distance between the tip of the snout to the outer edge of the opercular membrane. Body-depth was measured at the insertion of the pelvic fins, perpendicular to the dorsal line of body. Eye-diameter was measured horizontally and was defined as the greatest width of the iris of the left eye. Occasionally, the adipose membrane was so thick that clear delimitation of the left iris was not possible, in which case the right eye-diameter was measured. The eye-diameter was recorded to the nearest 0.1 mm. by measuring under the binocular microscope with a specially graduated rule.

All measurements were taken with the same pair of calipers and graduate rule and were recorded in millimeters. Except for the gill-raker counts, all the other meristic characters and measurements were always taken on the left side of the fish. With the exception of the gill-raker counts of fish from Colombia, Ahome and Panama, all counts and measurements were made by the author. The gill-raker counts of the fish from the above-mentioned localities were taken by Mr. Clifford L. Peterson, of the Commission's staff. Since all the specimens examined by him were also labelled, it was very simple to check that under the same techniques there were no significant differences between his gill-raker counts and the author's, and therefore it was possible to use both sets in comparison between localities.

SEXUAL DIMORPHISM

Howard (1954) demonstrated that the counts of the principal meristic characters in the anchoveta do not vary with sex.

Before trying to ascertain whether there was a significant difference in size of body parts in fish from the ten localities, it was necessary to test the possibility of there being greater differences between males and females than might be found among fish from the various localities. Using a sample of 50 males and 50 females from Guaymas Bay, it was found that the average ratio of head-length to standard length for males was 2.72 ± 0.018 , and for females 2.70 ± 0.019 . Depth of body in standard length gave an average ratio of 3.78 ± 0.042 for males and 3.76 ± 0.060 for females. The average ratio of eye-diameter to head-length was 5.52 ± 0.074 and 5.54 ± 0.10 respectively. These differences are not significant. Evidently, the three chosen proportional characters do not vary with sex in this area, and it is assumed that they are, similarly, not sex-connected elsewhere.

RESULTS

Meristic characters

Number of anal fin rays

The number of anal fin rays for the 753 specimens studied in the ten localities selected are presented in Table 3. They range from 20 to 26, with about 75 per cent of the fish having between 22 and 23 rays and with some variation associated with the localities. The variation is shown in Figure 3 where the representation of anal fin ray

counts follows a modification of Hubbs and Hubbs (1953) to the Dice and Leraas (1936) graphic method for comparison of a series of samples.

The Hubbs and Hubbs method has been used throughout this paper to illustrate graphically the variation of the various characters selected. In this method the range of variation is represented by a solid horizontal line; the mean by a narrow vertical triangle; one standard deviation (σ) on either side of the mean is marked by a hollow rectangle, and twice the standard error on either side of the mean ($2\sigma_m$) is marked by a solid rectangle.

In Figure 3, considerable variation can be seen among the mean anal fin ray counts for the various localities, indicating that they probably can be considered as being taken from more than one population. To determine what geographical differences may exist, the means for the counts for the different localities were compared with those from every other locality. The resulting values of t are tabulated in Table 4.

It was difficult to separate the localities into clear-cut population groups with respect to anal fin ray counts. In general, the anchovetas from Panama had the highest anal fin ray count and they were significantly different from those of San Felipe, Guaymas, Ahome, Banderas and Nicoya, but not different from the intervening localities such as Almejas, Tehuantepec, Montijo and Colombia. Almejas Bay fish were significantly different from the Ahome samples but they do not differ from those in any of the other localities.

To see if the significant differences among anal fin ray counts of anchovetas persisted from year to year, our set of counts was compared with those of Howard (1954, p. 12). Comparisons were made with four different localities, Almejas, Guaymas, Ahome and Panama (Figure 5). For Almejas ($t = 2.21$, $P > 0.01$), Ahome ($t = 0.73$, $P > 0.01$) and Panama ($t = 2.09$, $P > 0.01$). No significant differences were found between the two sets of counts, but for Guaymas fish a statistically significant difference was found between Howard's and our anal fin-ray counts ($t = 2.78$, $P < 0.01$).

In general, the significant differences between localities encountered by Howard in 1954 were confirmed in our study. Guaymas and Almejas fish were found to be the exception. When Howard compared the samples from Guaymas with those from Almejas Bay, he found a significant difference. When we compared samples from these two localities, the differences were not significant. Howard also found that while the Almejas fish do not differ significantly from those collected in Panama and Guayaquil on the basis of average number of anal fin rays, they do differ significantly from those found in the three intervening localities, Guaymas, Ahome and Fonseca. From a geographical consideration, he concluded that Almejas Bay was a separate population. These later results, on the contrary, indicate that, with respect to anal fin rays, Almejas Bay fish are not significantly different from those of the other selected localities, with the exception of Ahome.

Figure 3 suggests that the variation is approximately of a clinal nature, with the higher values occurring in the southern latitudes. Anchoveta from San Felipe, Almejas Bay, Guaymas Bay, Ahome Point and Banderas Bay could be included in a "faunal" northern area; these fish, on the average, tend to have fewer anal fin rays. The an-

chovetas from the southern localities (Nicoya, Montijo, Panama Bay and Colombia), on the average, tend to have higher anal fin ray counts. Statistically, these two arbitrary faunal groups were significantly different ($t = 3.94$; for 720 d.f., $P < 0.01$).

The possibility that this variation could be better described as a function of mean water-temperature, rather than latitude has already been studied by Howard with negative results. As the anal fin ray counts do not show a very clearly defined "cline," or character gradient related to locality, and have been shown to differ from year to year within the same area, some caution must be taken in using them as means of identifying races of anchoveta.

Number of scales in a longitudinal series

The frequency distribution obtained of scales in a longitudinal series appear in Table 5. A wide variance about the mean is indicated; the distributions range from 30 to 42 and have a modal class generally around 37 and 38.

To determine whether the variation among means for the different localities was significant, each of the means of the counts from each locality were compared with those from every other locality. The resulting values of t are tabulated in Table 6 and lead to the conclusions that, with the exception of the San Felipe fish, no clear-cut separation of localities can be made. Nor can any clinal relation with latitude be established from the sample-comparison diagram (Figure 3).

The San Felipe anchovetas have a lower average number of scales in a longitudinal series. The anchovetas in the other nine areas are probably composed of more than one population and the problem of separating them is complicated by the fish of Banderas and Panama which are intermediate between the other population groups. Excluding these two localities, we could probably separate three population groups between Mexico and Colombia on the basis of scales, namely: (1) San Felipe, (2) Almejas-Guaymas-Nicoya-Colombia, (3) Ahome-Tehuantepec-Montijo.

When the anchovetas, (excluding the easily distinguished San Felipe fish) are grouped into two "faunal" regions, according to latitude only, the northern Mexican fish from Almejas to Tehuantepec do not average a significantly different number of scales in a longitudinal series than those from the southern localities of Nicoya, Montijo, Panama and Colombia (Table 5).

Number of vertebrae

The vertebral counts are shown in Table 7. All the fish had between 39 and 43 vertebrae with about 95 per cent of all the specimens studied having between 41 and 42.

Since Howard (*loc.cit.*) demonstrated that the vertebral counts in this species do not vary significantly either with sex or size of fish, it was possible to include in this instance some specimens that had been discarded in the other meristic and proportional character studies because they were over 130 mm. in standard length.

The sample-comparison diagram (Figure 4) suggests that the anchovetas for the ten localities are composed of more than one population. Comparing the mean verte-

bral count for each locality with those from every other locality (Table 8), the conclusion was reached that probably two population groups could be identified between Mexico and Columbia, namely: (1) Almejas Bay; (2) all other localities.

Almejas Bay fish have a significantly higher average number of vertebrae than the remaining localities. Although San Felipe fish are significantly different from the Almejas, Montijo and Panama fish, they do not differ significantly from those in the intervening localities.

Grouping the data in the same two "faunal" regions as before (Table 7) and excluding the easily differentiated Almejas Bay fish, the same mean vertebral count was found for both northern and southern fish.

In the overall picture these results agree very closely with those by Howard. Almejas Bay fish seem to be consistently different from all other localities with respect to vertebral counts.

As with anal fin ray counts, the vertebral counts for four of the selected localities were compared with those made by Howard for the same localities in 1954 (Figure 5). With the Almejas Bay fish a significant difference was found between the average vertebral counts for the 1952 and 1955 year-class fish ($t = 2.83$; $P < 0.01$). For Guaymas ($t = 1.17$; $P > 0.01$) and Ahome fish ($t = 1.03$; $P > 0.01$) no significant difference was found between the 1951 and 1956 sets of counts, while for Panama fish the mean values for both 1951 and 1955 were exactly the same.

Since samples from one given locality are not always collected from exactly the same place, and since vertebral numbers are known to be influenced by the effects of the environment, particularly temperature, some "within areas" variation can be expected from year to year. Through a series of years, this variation may well explain the differences observed in Almejas fish between the 1952 and the 1955 vertebral counts. Whether this is the case or whether these statistical differences really correspond with genetical changes occurring in the populations is something that cannot presently be decided.

Number of gill rakers

A close relation was found to exist between the total number of gill rakers on the first gill arch of the right side of the fish and those on the lower limb (Figure 3). As the range and the variation within samples were somewhat less for the lower limb, it was decided that these counts could be regarded as representative of the total number of gill rakers.

Examination of the frequency distribution of gill raker counts (Table 9) indicates a rather wide variance about the mean. Part of this variance is due to the fact that gill raker counts increase with fish size (see below). The range was from 55 to 71 with the modal values varying between localities.

From the sample comparison diagram (Figure 3) and from the values of t arising from the comparison of fish from each locality with those from every other locality (Table 10), it can be seen that with respect to number of gill rakers two population

groups can probably be separated, namely: (1) San Felipe-Nicoya-Montijo; (2) Almejas-Guaymas-Ahome-Banderas-Tehuantepec-Panama-Colombia.

While the San Felipe fish do not differ significantly from those collected in Nicoya or Montijo, they do differ significantly from those collected in the intervening localities Almejas, Guaymas, Ahome, Banderas, and Tehuantepec, and from those collected in Panama and Colombia. From a purely geographical consideration, it seems likely that San Felipe fish belong to a population distinct from the Nicoya-Montijo fish, which seem to form a homogeneous population among themselves. Considering the latitudinal position, Panama and Colombia fish might be considered a different population group from the Guaymas-Ahome-Banderas-Tehuantepec one.

When gill raker counts were separated into the two "faunal regions" previously defined, a very significant difference between "faunal regions" was found ($t = 7.86$; $P < 0.01$, Table 10).

Gill rakers in the anchoveta increase in number with the length of the fish. Although this study considered fish of a limited range of standard lengths (from 100 to 130 mm.), different size-distributions within this range will affect the comparisons of locality means by the t -test, which may, therefore, lead to erroneous conclusions. Hence, we have also compared regressions of gill rakers on fish length. Since the relationship between these two variables is not linear, and cannot be made linear by any simple transformation, Howard's (1954) method of fitting an empirical curve to the data as a whole was adopted. The deviations from the curve were then used to compare the ten localities.

The 753 fish from the ten collections were tabulated according to 5 mm. length intervals from 101 to 130 mm. For all the fish falling in each class-interval the mean length and the mean number of gill rakers on the first arch were calculated. These values were then plotted and the points joined and smoothed by inspection to form a hypothetical regression line (Figure 6).

Similarly, the relationship between number of gill rakers and length of fish for each of the ten individual localities was obtained by plotting the mean number of gill rakers against mean length. For the individual localities, 10 mm. intervals were used instead of 5 mm. length-intervals because, in several localities, intervals at either end of the range contained only few fish, and also because the relationship between the two variates is not linear and much intercrossing of the lines representing the individual localities tends to confuse the picture. Even 10 mm. intervals were in some cases only represented by one fish. The number of specimens on which each point is based is shown adjacent to the point. The small sample of Tehuantepec anchovetas comprises large size fish, all but one of which fell within one-class-interval and could not be properly represented by a line.

When the lines representing the individual localities are compared with the hypothetical curve, it is clearly seen that the ten localities represent more than one population. San Felipe, Nicoya and Montijo fish fall well below the hypothetical curve; Colombia and Almejas fall close to the curve, and Ahome, Banderas, Panama and Guaymas are well above. This corroborates the previous result that San Felipe, Nicoya

and Montijo anchovetas have a smaller number of gill rakers and that Ahome and Banderas have a larger number than the other areas. The differences again do not indicate latitudinal variation nor do they show that the gill raker counts are similar for those localities which are close to each other.

Taking into consideration the variable length of fish, it can be concluded that from Mexico to Colombia there are probably at least three separate main population groups with respect to gill raker counts: (1) San Felipe-Nicoya-Montijo; (2) Ahome-Banderas; (3) Almejas-Guaymas-Panama-Colombia. Colombia may be significantly different from Panama-Guaymas-Almejas and San Felipe fish might be different from the Nicoya-Montijo ones.

Morphometric characters

In classical taxonomic studies, morphometric data have been recorded in terms of body proportions, that is, the number of times one dimension is contained in another. In many species, however, body proportions are not found satisfactory for comparing specimens of different sizes because of differential growth in different body parts (Schaefer and Walford, 1950). Only when there is a constant ratio between the dimensions of such parts can the average value of such a ratio be used to compare fish of different sizes. When the ratio does not remain constant as the fish grows, it is necessary to compare only fish of the same size or to compare the regressions of one dimension on another.

In this study, the sizes were reduced to a narrow range which will *reduce* the effect of differences in the size distributions on the average values of the ratios, but will not eliminate them. Since different length-distributions within the range might still influence the average values of the ratios, the samples have been compared by two different methods: (a) by comparing the average ratio for the different localities by a simple *t*-test, and (b) by comparison of the regression line of one dimension on another by an analysis of covariance.

Since over restricted ranges of sizes the dimensions of some body parts relative to others seem to be sufficiently well approximated by straight lines (Schaefer, 1952), linear regressions were used to describe the relation between body-depth and standard length, head-length and standard length and eye-diameter and head-length. The equations describing these regressions by area are tabulated in Table 17.

Figures 7 to 14 illustrate the relation between standard length and the first two body measurements mentioned. The points plotted in the figures do not represent individual fish but are the mean values of the two variables for each 5 mm. size-category. Figures 15 to 17 illustrate the relation between eye-diameter and head-length. The points similarly represent mean values of the variables for each 2.5 mm. class-interval of head length.

This method of plotting the mean value for definite class-intervals instead of the actual values for each specimen has the advantage that it adds clarity to the figure and facilitates quick visual comparison of mean values of the dimension under consideration for fish of each category from the several populations. In all figures the

number adjacent to each average represents the number of specimens on which it was based. In every case the regression lines represented in the figures were calculated from the original data and not from the class means.

When only one specimen was represented in a given class-interval, and its value was well removed from the regression line, it has been excluded from the graph. These values were not, however, excluded from the calculations.

Head-length on standard length

The frequency distributions and the average values of the ratio of head-length to standard length for the ten localities are presented in Table 11. The values resulting from this ratio were grouped by 0.05 class intervals.

Referring to the sample comparison diagram presented in Figure 4, and to the values of t resulting from the comparison of the ratio from one locality with those from every other locality (Table 12), four population groups can be separated from Mexico to Colombia by differences in head-length, namely: (1) San Felipe-Ahome-Montijo; (2) Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec-Panama; (3) Nicoya; (4) Colombia.

In the range of sizes studied, Nicoya fish had shorter head-lengths than the fish from the other localities, while Colombia fish had the longest.

To ascertain if some of the differences of head-length among localities could be caused by differences in the size composition of the samples from the different localities, the regression lines of these variables over the ten localities were compared.

The data as a whole were tested to determine whether the samples from the various localities could have been drawn from one homogeneous population. The analysis of covariance of Table 18 indicates that both the differences among localities and the differences among the regression coefficients were highly significant, and hence it may be concluded that with respect to head-length, the anchovetas from the different localities studied were taken from more than one population.

To determine what geographical difference exists, the regression lines from some of the localities were compared with some of the others. This comparison can be done without reference to the regression equations by simply comparing the mean values of the several size classes. For instance, Ahome and Nicoya (Figure 9) can be compared rapidly. Under the hypothesis that both samples were taken from the same population, we should expect half the points for Ahome fish to be above and half below the corresponding values predicted from the Nicoya sample. On the contrary, for each size class the Ahome mean value falls above the values which would be expected on the basis of the Nicoya sample. The probability of this occurring by chance alone for all the five Ahome points is $(1/2)^5$ or 1 chance in 32, which is unlikely.

In the cases where the comparisons of the mean values of the several size classes could not be made at sight, the lines were compared by means of analysis of covariance (Table 19). The null hypothesis was tested that (a) when comparing one locality with another, the data for each pair could be represented by a single linear regression

equation and, if this be false, (b) whether the difference is due to a difference in the regression coefficients or in the levels of the lines.

From the variance ratios computed in Table 19, we can accept the significance of the observed differences between the Panama-Nicoya, Panama-Montijo, Panama-Banderas and Almejas-Ahome fish. For these pairs of localities the difference is entirely associated with the slopes of the regression lines rather than with their levels.

For Guaymas and Almejas fish, the variance attributable to differences between areas compared with that attributable to deviations from regressions within areas yield a variance ratio of 1.02 with 2 and 196 degrees of freedom, indicating the differences are not significant.

Comparing the mean square resulting from differences between localities for Guaymas and Ahome fish with the estimate of variation resulting from the deviations from regressions within localities, we obtain a variance ratio of 20.95 with 2 and 196 degrees of freedom corresponding to a probability value of less than 0.01. It may be concluded, therefore, that the observed difference between Ahome and Guaymas fish is real, and it is further shown that it is due to the levels of the regression lines rather than their slopes (Table 19).

It is interesting to note that with the reduced range of standard lengths used, the results obtained by the two methods employed for the comparison of the series of samples, are quite similar (Table 22). The anchoveras from Panama were the exception. With both the *t* and the covariance comparisons, Nicoya fish were found to have smaller heads than fish from other localities, while Colombia specimens, on the average, had larger heads. With both methods, Montijo-Ahome-San Felipe fish were found to be similar to each other, while Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec were also similar to each other. Panama fish, nevertheless, were found to be not significantly different from the Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec group, when the *t*-test was employed to compare the average ratios of head-length to standard length, but when the regression lines were compared, significant differences were found. This difference is attributable to difference in the slopes of the regression lines rather than in their levels.

We can conclude that by differences in head-length we can separate the following population groups between Mexico and Colombia: (1) San Felipe-Ahome-Montijo; (2) Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec; (3) Nicoya; (4) Colombia; (5) Panama.

Body-depth on standard length

In Table 13 the frequency distribution and the average values of the ratio of body-depth to standard length, grouped by 0.1 class intervals is given.

The sample comparison diagram (Figure 4) and the comparisons of the average for each locality with that for every other locality (Table 14) show highly significant differences among localities with respect to the ratio of body-depth to standard length. On the basis of this morphometric character, four population groups can probably be separated: (1) San Felipe-Almejas-Ahome-Banderas-Colombia; (2) Guaymas; (3) Tehuantepec-Nicoya-Panama; (4) Montijo.

Guaymas fish could be considered a separate population since they differ significantly from Almejas, Ahome and Banderas fish, although the magnitude of this difference is small in comparison with the differences between Guaymas fish and the other three population groups with respect to depth of body.

The effect of size composition among the different localities was tested by analysis of covariance. From the variance ratios computed in Table 18 it can be seen that there are highly significant differences among the regression coefficients for different localities.

On Figures 11 to 14 have been plotted the regression lines of body-depth on standard length for the various localities considered. A simple inspection of the mean values plotted in these figures is sufficient to show that the probability of some of the samples arising by random sampling from a single population is very small.

In some cases, the regression lines of several pairs of localities were compared by analysis of covariance (Table 20). When comparing Ahome with Banderas, Guaymas with Colombia, and Colombia with Almejas, the variance ratios indicate that there are no significant differences between localities.

Guaymas and Ahome fish are significantly different with respect to body-depth. The same is true for Panama and Nicoya fish, the difference being associated in both cases with the slopes of the regression lines. Comparing Guaymas and Almejas fish we can see that, although the slopes of both regression lines are similar, there is a significant difference between localities explained by the difference in the level of the lines. This is also found when comparing Panama with Colombia fish.

In general, we can see that in the range of sizes studied the rate of increase of body-depth changes somewhat between certain localities.

Again the results obtained by the comparison of the ratio of head-length to standard length, and by the comparison of the regression lines, are quite similar (Table 22). Panama fish are again the exception. When the average ratios for Panama and Nicoya fish were compared with the *t*-test, no significant differences between localities were found, but when comparing the regression lines by the analysis of covariance, the differences are significant and entirely due to the slopes of the regression lines.

It is concluded that from Mexico to Colombia these samples indicate the possibility of the following separate population groups: (1) San Felipe-Almejas-Ahome-Banderas-Colombia; (2) Guaymas; (3) Panama; (4) Nicoya-Tehuantepec; (5) Montijo.

Eye-diameter on head-length

In Table 15 are tabulated the frequency distribution, mean, and standard deviation of the ratio of eye-diameter to head-length for each of the ten localities. When these ratios are compared with each other by the sample comparison diagram of Figure 4, significant differences among localities can immediately be detected. The significance of these differences are tabulated in Table 16.

Several population groups can be separated by eye-diameter: (1) Ahome-Banderas; (2) Tehuantepec; (3) Guaymas; (4) Almejas-Panama-Colombia; (5)

Nicoya; (6) San Felipe-Montijo. Of these, Ahome-Banderas fish have the smallest eye while the San Felipe-Montijo group has the largest.

As previously noted, there seems to be a significant shrinkage in the eye-diameter of frozen anchovetas in comparison with those of fish preserved directly in formalin. Although the samples from Nicoya and San Felipe were the only two directly preserved in formalin, these fish still had larger eyes in relation to head-length than any of the other localities. Hence it can be accepted that, quite independently of the difference introduced by the preserving method, there is a significant difference in eye-diameter among localities.

When comparing the regression lines of eye-diameter on head-length by analysis of covariance (Table 18) for the ten localities, it can be seen that the differences among localities and among regression coefficients are highly significant, indicating that these samples belong to more than one population.

When comparing some of the samples with each other, in order to determine what geographical difference exists between groups, it can be seen that San Felipe compared with Guaymas, Guaymas compared with Almejas Bay, and Nicoya compared with Colombia all have variance ratios that indicate significant differences of regression coefficients (Table 21). Nicoya and Montijo fish are also significantly different with respect to adjusted means, although their regression coefficients are similar. No difference can be shown between Almejas and Panama and between Ahome and Banderas.

Other localities such as Panama and Banderas, Almejas and Tehuantepec, etc. (Figure 15) do not require any complicated analysis to ascertain that the samples are unlikely to have arisen from the same population.

In the size-range considered, the slope of the regression line of diameter of eye on head-length is fairly similar in all the localities, with the exception of Guaymas and Colombia. For the sizes considered, Colombia fish have larger heads than the other localities (Figure 7) and the eye does not seem to change much as the head grows.

The population groups of the Eastern Pacific Ocean that are separated by comparing these regression lines are the same as those separated by comparing the average ratio of eye-diameter to head-length. From the regression lines it can nevertheless be seen that some of these differences are small in comparison with the others. The population groups can probably be reduced to only four, namely: (1) Ahome-Banderas-Tehuantepec; (2) Guaymas; (3) Almejas-Panama-Colombia; (4) San Felipe-Nicoya-Montijo.

THE GULF OF NICOYA POPULATION

For many years prior to 1948, the Gulf of Nicoya supported an extensive bait fishery for anchoveta. In the fall of 1947, the anchoveta population suffered a sudden decline, coincident with a heavy bloom of "red water" (Peterson, 1956).

In February 1952, when the Commission began its field studies in Costa Rica, primary attention was given to the problem of whether any anchoveta still existed in the Gulf of Nicoya. Extensive work was done for well over a year. From February 1952 to October 1953, 51 beach seine, 37 trawl, 1 bait net, and 2 dynamite collections made in the Inner Gulf, and 50 seine, 19 trawl, 2 rotenone, and 2 dynamite collections made in the Outer Gulf, did not provide a *single* specimen of anchoveta (Peterson, 1956; Table 2). Closely related species of engraulids were found in considerable numbers. It was then assumed, with reasonable certainty, that the species was no longer present in Nicoya.

In an effort to reestablish the area as a tuna-baiting locality, approximately half a million adult, sexually maturing anchovetas were transplanted from the Gulf of Panama to the Gulf of Nicoya in October 1953. In 1954, although the results of the experiment were not yet certain, a small reproducing anchoveta population had been reestablished in Nicoya.

When comparing Nicoya and Panama anchovetas, significant differences were found between localities with respect to number of anal fin rays, number of gill rakers, head-length, body-depth and eye-diameter (Figures 3, 4, 6, 8, 10, 15). Nicoya fish had fewer anal fin rays, considerably lower gill raker counts, smaller heads, a faster rate of increase of body-depth with fish length, and larger eyes than the Panama fish.

If the theory is accepted that the original anchoveta population was no longer present in Nicoya at the time when the transplantation of the Panama fish took place then the fish that have been compared from these two localities must belong to essentially the same genetic stock. The significant differences found between the two 1955 samples would then indicate that in a period of only two years the different environments have brought about sufficient phenotypic changes for significant differences to be found between the two groups of fish.

Another possibility is that the sample of Nicoya fish collected in 1955 was really a remnant of the native Nicoya population. If so, the significant differences between both samples could probably correspond to genetically fixed differences in the populations.

There is also a third possibility, that the specimens collected in Nicoya had returned there after 1953 through migration from other areas, other than those studied in this paper. Although our knowledge of the anchoveta habits suggests that the species does not migrate extensively (Schaefer, 1954; Howard, 1954) this possibility cannot be overlooked.

It would be extremely interesting to compare future generations of fish from both localities to ascertain whether the range of variation and the degree of differences remain constant throughout the years or if they change with the physical environment.

DISCUSSION

It is evident that more than one anchoveta population is present in the Eastern Pacific Ocean. On the basis of the meristic and morphometric characters studied the population groups are separated as follows:

Anal fin rays:

Northern and Southern localities

Scales in a longitudinal series

1. San Felipe
2. Almejas-Guaymas-Nicoya-Colombia
3. Ahome-Tehuantepec-Montijo

Vertebrae

1. Almejas
2. All other localities

Gill rakers

1. San Felipe-Nicoya-Montijo
2. Ahome-Banderas
3. Almejas-Guaymas-Panama-Colombia

Head-length

1. San Felipe-Ahome-Montijo
2. Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec
3. Nicoya
4. Colombia
5. Panama

Body-depth

1. San Felipe-Almejas-Ahome-Banderas-Colombia
2. Guaymas
3. Panama
4. Tehuantepec-Nicoya
5. Montijo

Eye-diameter

1. Almejas-Banderas-Tehuantepec
2. Guaymas
3. Almejas-Panama-Colombia
4. San Felipe-Nicoya-Montijo

Comparison of the counts of anal fin rays and gill rakers and of the regression lines of the eye-diameter on head-length and of body-depth on standard length gave significant differences between two arbitrarily selected latitudinal "faunal" groups of localities. This might be interpreted as indicating that there is a real difference between northern and southern fish as a whole. Our samples indicated that, on the average, northern fish tend to have fewer anal fin rays, more gill rakers, smaller eyes and smaller body-depths than the average southern fish. The facts, however that the other characters selected did not confirm this, and that several exceptions to the above-mentioned general differences were found, indicates that these differences between localities are not related merely to latitudinal variation. There is no indication that counts and measurements are more similar for localities which are close to each other or vice-versa. Although there seems to be some tendency for differences to exist between southern and northern localities, the data did not suggest a definite geographical and latitudinal clinal progression in the anchoveta.

In Table 23, the differences among localities have been summarized. It is seen that each locality is different from the others in one or more of the selected characters and that the majority differ from each other in four or five of the seven characters studied, and the comparison of the regression lines by an analysis of covariance, provided very similar, although not identical, results.

Although there is good reason for believing that the anchovetas from Panama Bay and the Gulf of Nicoya belong to the same genetic stock of fish, several of the chosen characters showed a significant difference between the two localities. This, together with some significant differences encountered between samples of fish from the same locality but from different year classes, seems to indicate that at least some of these differences are phenotypical and caused by changes in the environment. Nevertheless, the great range of variation between localities in some of the characters investigated, as well as the fact that some of the differences between localities have persisted from year to year, provides further evidence that, regardless of whether the differences are genetic or environmental in origin, the anchoveta from the several baiting localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean can be considered as belonging to different stocks.



FIGURE 1. Chart of the Eastern Pacific region showing the ten localities from which anchovetas were compared.

FIGURA 1. Mapa general del Pacífico Oriental, mostrando las diez localidades de las que se obtuvieron anchovetas para su comparación.

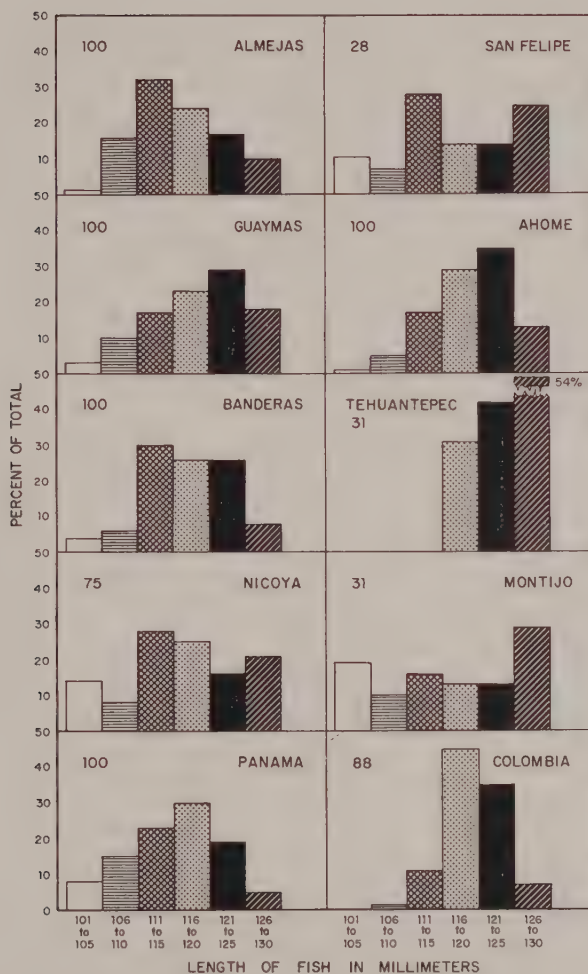


FIGURE 2. Length frequency distributions of anchovetas from ten localities. Fish examined were between 101 and 130 mm. standard length, and the number in each 5 mm. interval is shown as a percentage of the total. Total number of anchovetas for each area appears in top left-hand corner.

FIGURA 2. Distribución de tamaños de anchovetas de diez localidades. Todos los ejemplares estudiados median entre 101 y 130 mm. de longitud standard y fueron agrupados con intervalos de 5 mm. de longitud. Cada clase de tamaño ha sido presentada como porcentaje del número total estudiado. Las figuras del margen superior izquierdo representan el total de anchovetas estudiadas en cada área.

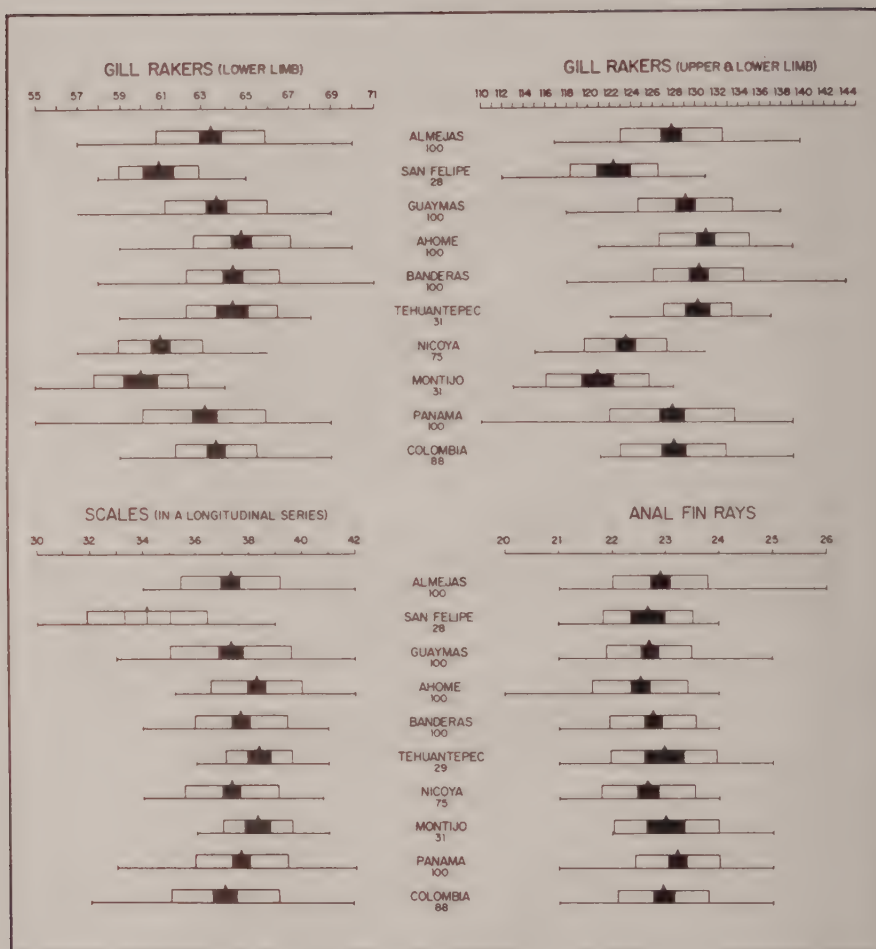


FIGURE 3. Variation of gill raker, scale and anal fin ray counts illustrated by the Hubbs and Hubbs graphic method. Solid horizontal line represents the range, the narrow vertical triangle the mean, the hollow rectangle one standard deviation on either side of the mean, and the solid rectangle twice the standard error on either side of the mean. Broad overlap of the solid rectangles indicates low probability of the observed differences between two samples being significant.

FIGURA 3. Variación de branquiaspinas, escamas y radios de la aleta anal en anchovetas, mediante el método gráfico de Hubbs y Hubbs. La línea sólida horizontal representa la amplitud de variación; el triángulo vertical, la media; el rectángulo vacío indica una desviación standard a cada lado de la media; y el rectángulo lleno indica dos errores standard a cada lado de la media. Si los rectángulos llenos se superponen hay poca probabilidad de que las diferencias observadas sean significativas.

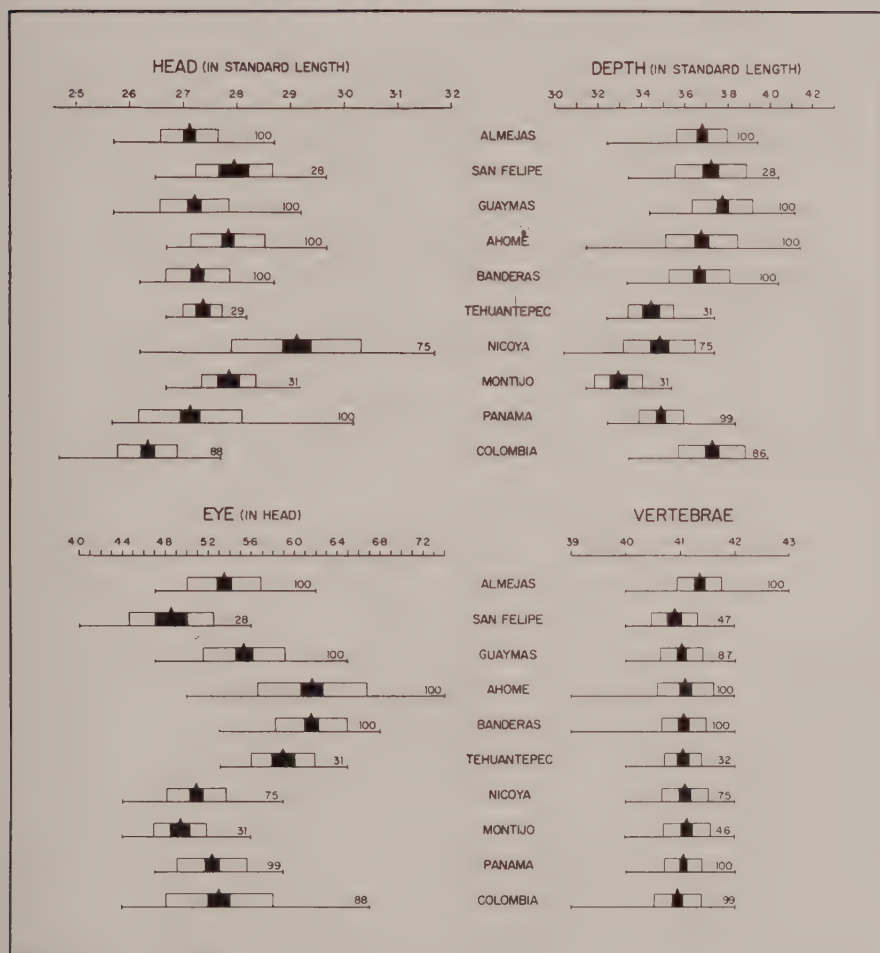


FIGURE 4. Variation of the ratio of head-length to standard length, body-depth to standard length and eye-diameter to head-length, and of variability of vertebral counts by the Hubbs and Hubbs graphic method. Legend as in Figure 3.

FIGURA 4. Representación de la variación de los índices "longitud cefálica en relación con la longitud standard," "altura del cuerpo en relación con la longitud standard," y "diámetro ocular en relación con la longitud cefálica," y de las cuentas vertebrales en anchovetas mediante el método gráfico de Hubbs y Hubbs. Leyenda como en la Figura 3.

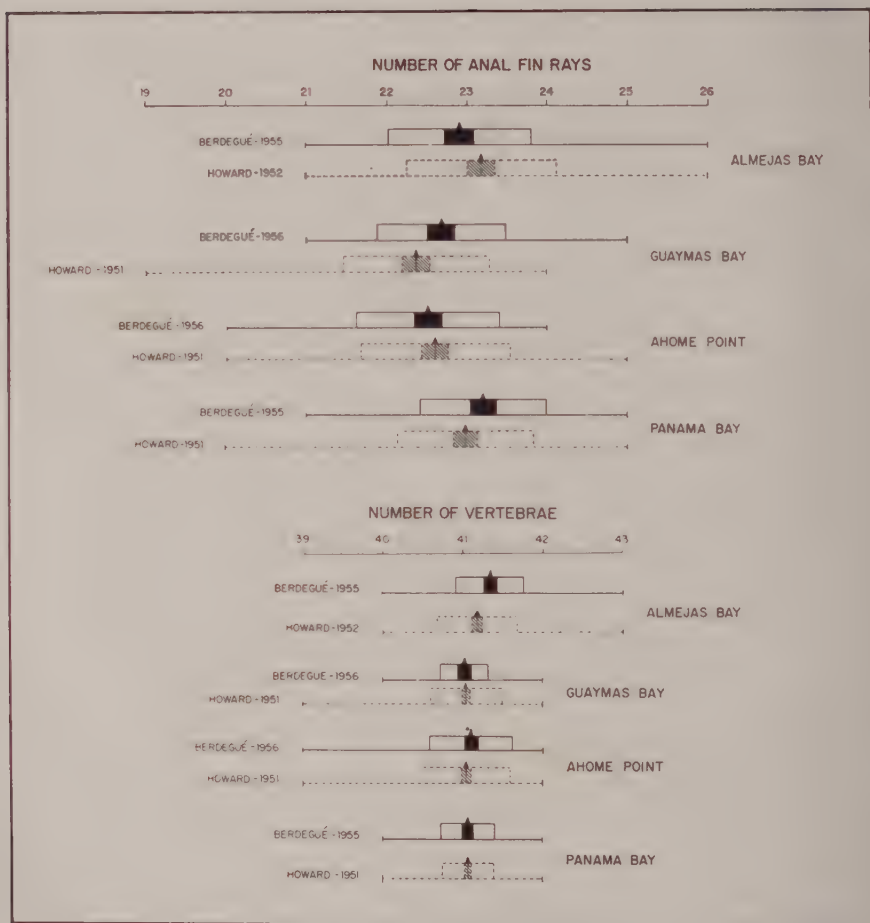


FIGURE 5. Comparison of anal fin ray and vertebral counts by Howard and Berdegue using the Hubbs and Hubbs graphic method for comparison of series of samples.

FIGURA 5. Comparación del número de radios en la aleta anal y número de vértebras obtenidas por Howard y por Berdegue con el empleo del método gráfico de Hubbs y Hubbs para la comparación de series de muestras.

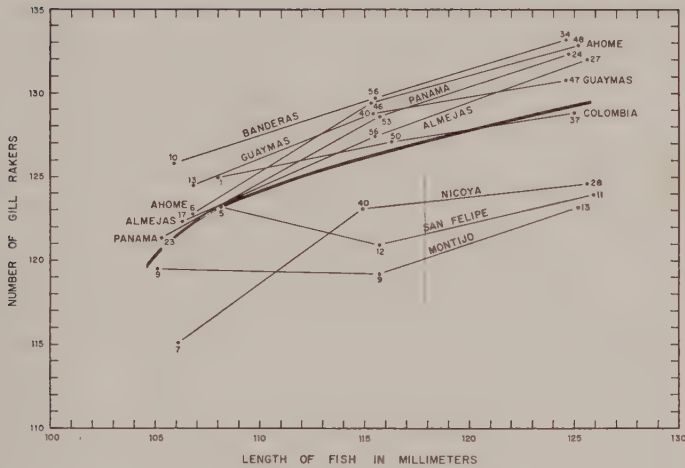


FIGURE 6. Relationship between number of gill rakers and length of fish. Points for the empirical curve were calculated at 5 mm. length intervals from 101 to 130 mm. For the individual localities 10 mm. intervals were used. Numbers of specimens, on which each point is based, are shown.

FIGURA 6. Relación entre el número de branquiaspinas y la longitud de las anchovetas. Los puntos de la curva empírica fueron calculados con intervalos de clase de 5 mm., desde 101 hasta 130 mm. de longitud standard. Para las localidades individuales se usó un intervalo de 10 mm. Se ha indicado el número de ejemplares en que está basado cada punto.

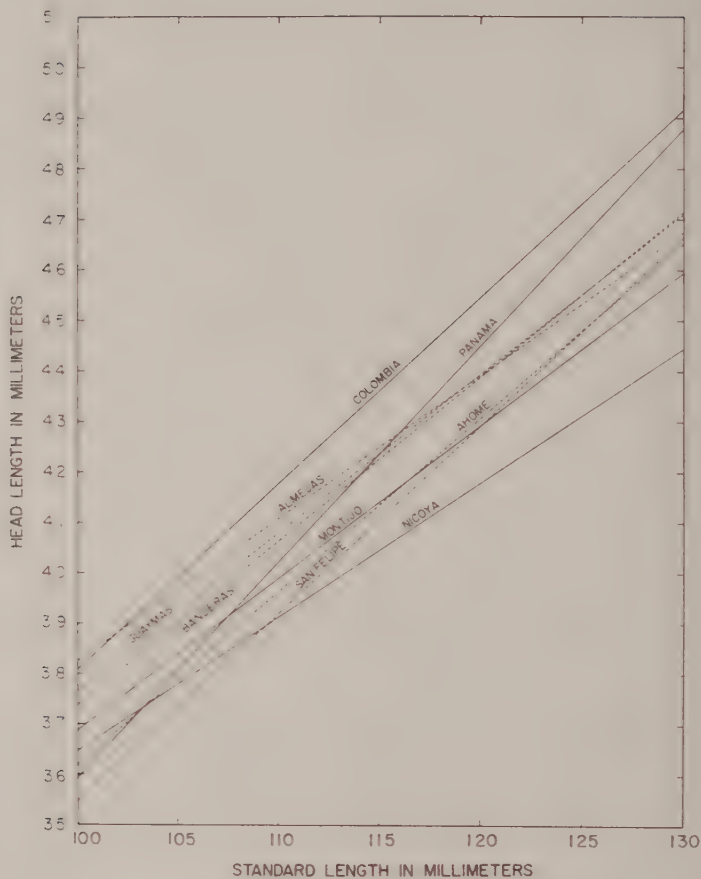


FIGURE 7. Regressions of head-length on standard length for ten localities of the Eastern Pacific Ocean. Dotted lines are used for the "northern" and solid lines for the "southern" localities.

FIGURA 7. Regresiones de la longitud cefálica en la longitud standard de anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental. Las líneas de puntos representan las localidades "norteñas" y las líneas continuas las "sureñas."

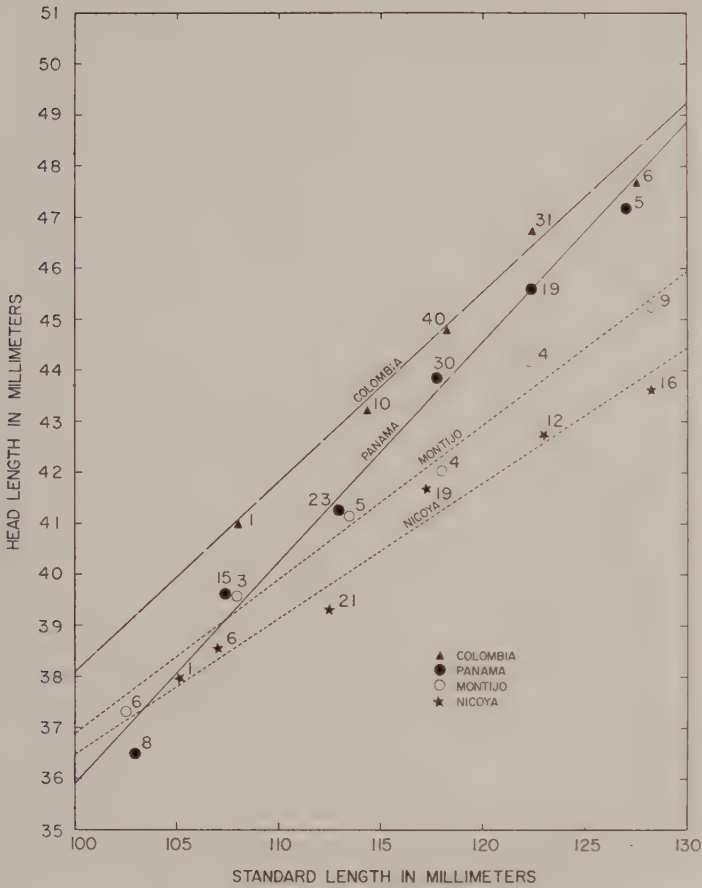


FIGURE 8. Regressions of head-length on standard length for four localities of the Eastern Pacific Ocean. Points represent the mean values of both variables for each 5 mm. interval of standard length and the numbers indicate the number of fish represented.

FIGURA 8. Regresiones de la longitud cefálica en la longitud standard, en anchovetas de cuatro localidades del Océano Pacífico Oriental. Los puntos representan las medias de ambas variables en cada clase de tamaño para intervalos de 5 mm. de longitud standard. Los números adyacentes representan los ejemplares en que se basaron dichas medias.

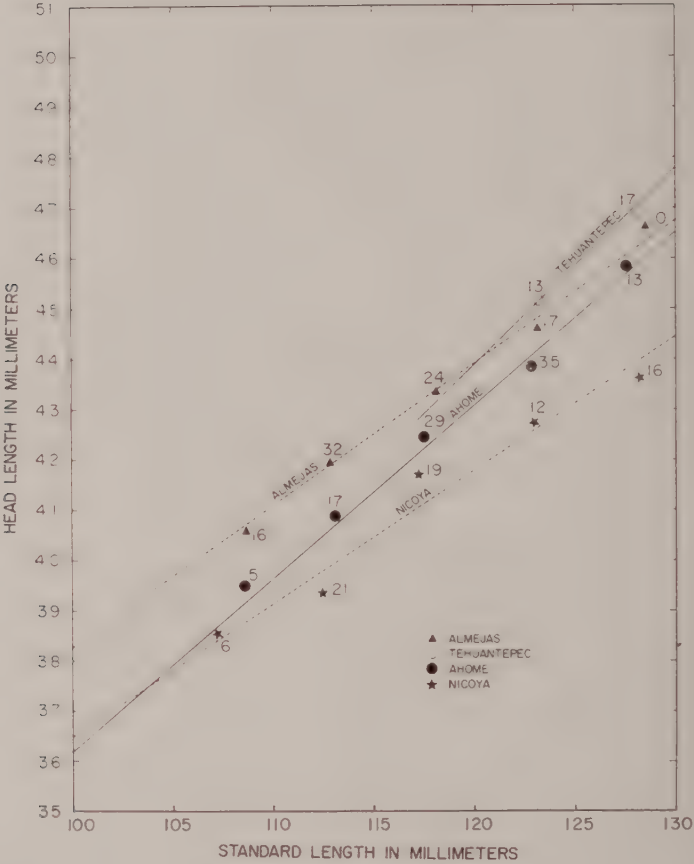


FIGURE 9. Regressions of head-length on standard length. Legend as in Figure 8.

FIGURA 9. Regresiones de la longitud cefálica en la longitud standard. Leyenda como en la Figura 8.

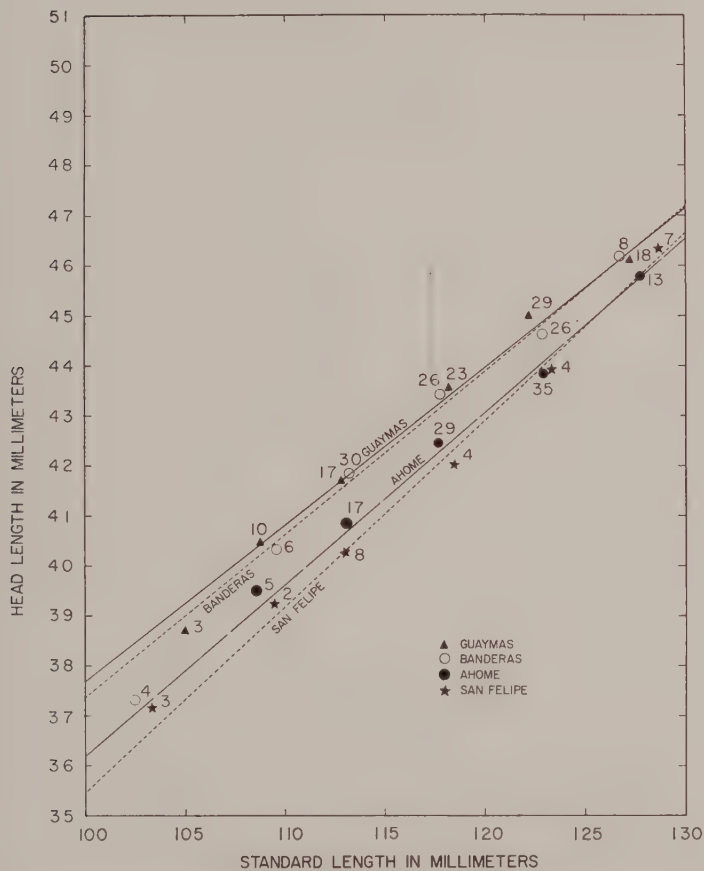


FIGURE 10. Regressions of head-length on standard length. Legend as in Figure 8.

FIGURA 10. Regresiones de la longitud cefálica en la longitud standard. Leyenda como en la Figura 8.

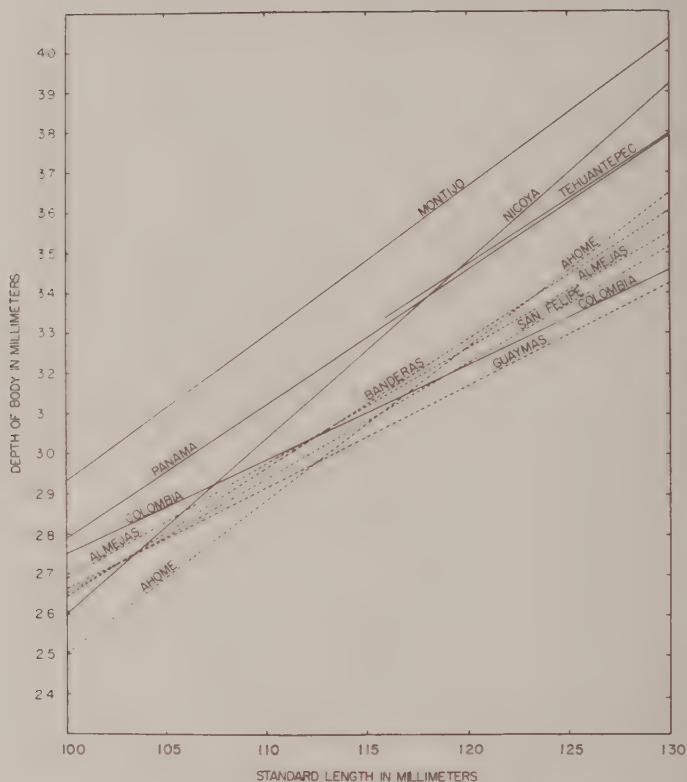


FIGURE 11. Regressions of body-length on standard length for ten localities of the Eastern Pacific Ocean. Dotted lines are used for the "northern" and solid lines for the "southern" localities.

FIGURA 11. Regresiones de la altura del cuerpo en la longitud standard, en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental. Las líneas de puntos representan las localidades "norteñas," y las líneas continuas las "sureñas."

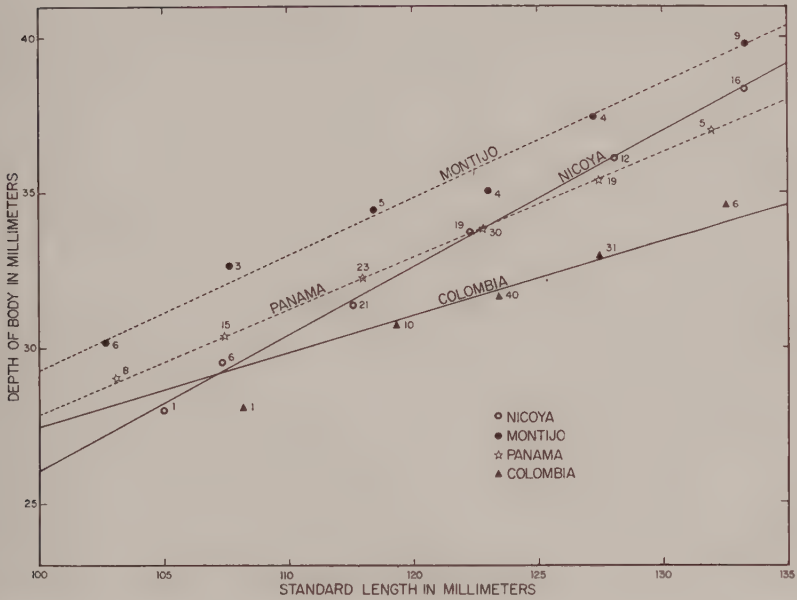


FIGURE 12. Regressions of body-depth on standard length for four localities of the Eastern Pacific Ocean. Points represent the mean values of both variables for each 5 mm. interval of standard length and the numbers indicate the number of fish represented.

FIGURA 12. Regresiones de la altura del cuerpo en la longitud standard en anchovetas de cuatro localidades del Océano Pacífico Oriental. Los puntos representan las medias de ambas variables en cada clase de tamaño para intervalos de 5 mm. de longitud standard. Los números adyacentes representan los ejemplares en que se basaron dichas medias.

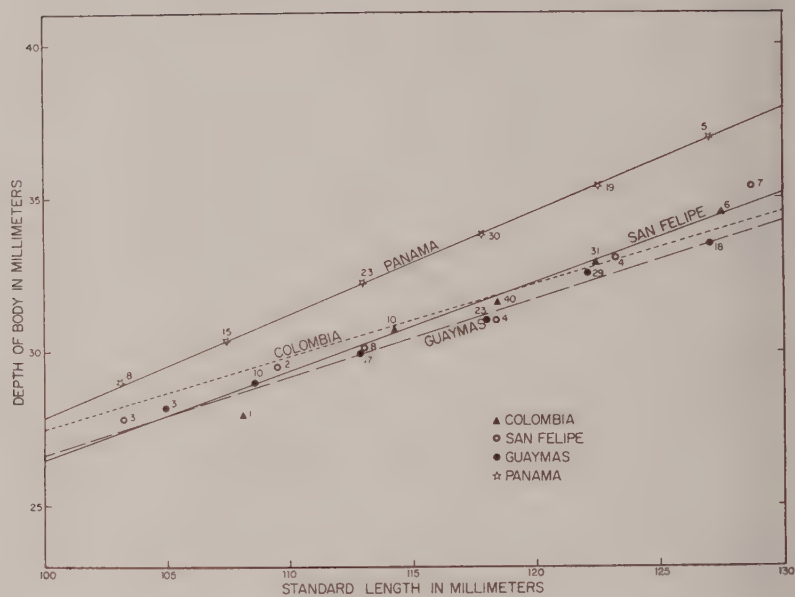


FIGURE 13. Regressions of body-depth on standard length. Legend as in Figure 12.

FIGURA 13. Regresiones de la altura del cuerpo en la longitud standard. Leyenda como en la Figura 12.

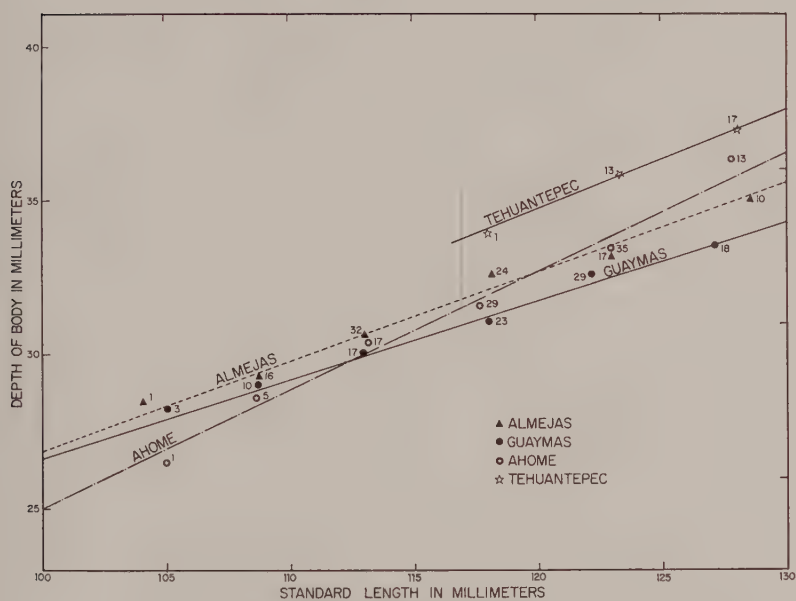


FIGURE 14. Regressions of body-depth on standard length. Legend as in Figure 12.

FIGURA 14. Regresiones de la altura del cuerpo en la longitud standard. Leyenda como en la Figura 12.

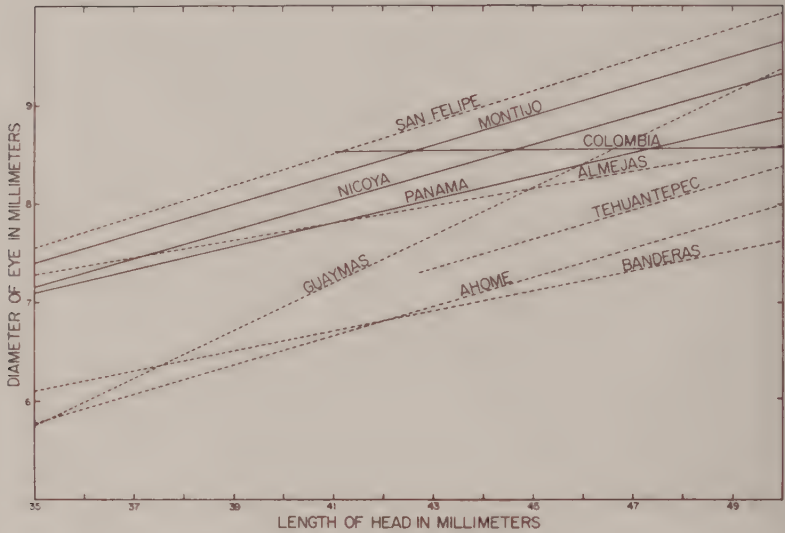


FIGURE 15. Regressions of eye-diameter on head-length for ten localities of the Eastern Pacific Ocean. Dotted lines are used for "northern" and solid lines for the "southern" localities.

FIGURA 15. Regresiones del diámetro ocular en la longitud cefálica, en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental. Las líneas de puntos representan las localidades "norteñas," y las líneas continuas las "sureñas."

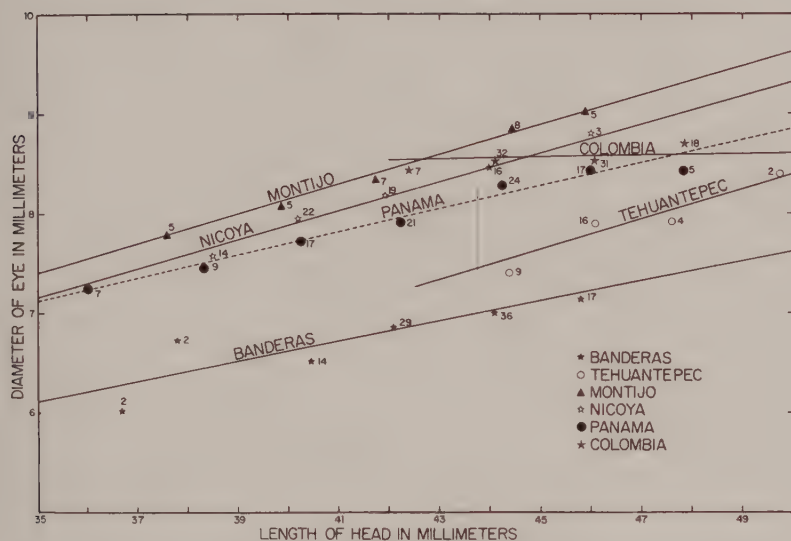


FIGURE 16. Regressions of eye-diameter on head length for six localities of the Eastern Pacific Ocean. Points represent the mean values of both variables for each 5 mm. interval of head-length and the numbers indicate the number of fish represented.

FIGURA 16. Regresiones del diámetro ocular en la longitud cefálica, en anchovetas de seis localidades del Océano Pacífico Oriental. Los puntos representan las medias de ambas variables en cada clase de tamaño para intervalos de clase de 5 mm. de longitud cefálica. Los números adyacentes representan los ejemplares en que se basaron dichas medias.

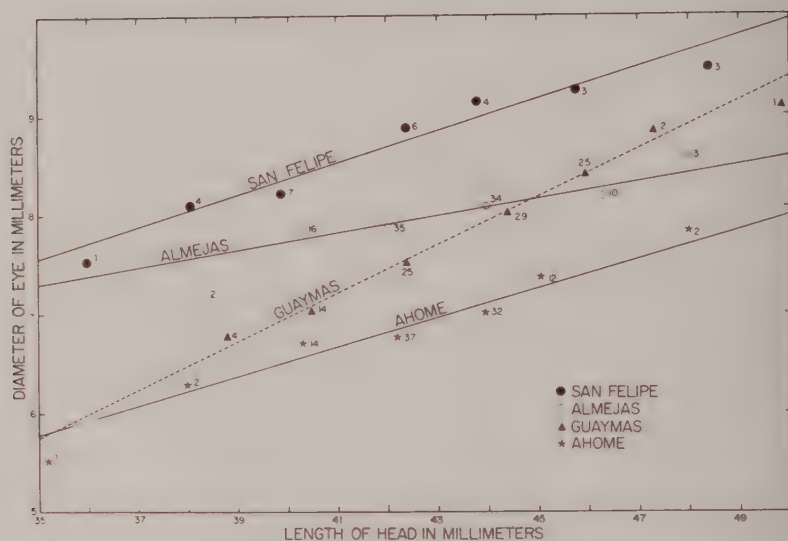


FIGURE 17. Regressions of eye-diameter on head-length for four localities of the Eastern Pacific Ocean. Legend as in Figure 16.

FIGURA 17. Regresiones del diámetro ocular en la longitud cefálica, en anchovetas de cuatro localidades del Océano Pacífico Oriental. Leyenda como en la Figura 16.

TABLE 1. Date of capture and number of specimens studied in ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

TABLA 1. Fecha de captura y número de ejemplares estudiados en diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Date	Number of f.sh	Locality	Date	Number of fish
Localidad	Fecha	Número de ejemplares	Localidad	Fecha	Número de ejemplares
Almejas Bay	1955		Ahome Point	1956	
	Jan. 5	19		Feb. 1	73
	Jan. 12	17		Mar. 10	21
	Jan. 30	15		May 19	6
	Feb. 4	21			100
	Dec. 2	11	Tehuantepec	1956	
	Dec. 3	17		Mar. 10	31
San Felipe		100	Gulf of Nicoya	1955	75
	1956				
	Jan. 27	5	Montijo Bay	1955	
Guaymas Bay	Apr. 4	23		June 25	31
		28	Gulf of Panama	1955	
	1956			Mar. 26	15
	Feb. 18	45		Apr. 28	25
	Aug. 14	20		May 2	18
	Sep. 9	6		May 14	18
Banderas Bay	Sep. 15	10		June 25	24
	Sep. 22	19			100
		100	Colombia	1955	
	1956			Feb. 9	25
	Jan. 31	32		Feb. 26	25
	Feb. 4	25		Feb. 28	29
	Feb. 5	27		June 19	9
	Mar. 1	16			88
		100			

TABLE 2. Comparison of body proportions of two differently preserved sub-samples of anchovetas from Panama by covariance analysis, linear regressions.

TABLA 2. Comparación de varias proporciones del cuerpo en dos sub-muestras de anchovetas provenientes del Golfo de Panamá y sometidas a dos métodos diferentes de preservación; análisis de covariancia, regresión lineales.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean Square	Variance ratios	
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Proporción de la variancia	Causa de Variación
Head-length (y) on standard length (x)					Longitud cefálica (y) en la longitud standard
Deviations from total regression	98	161.41			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within sub-samples	96	160.45	1.67		Desviaciones de las regresiones dentro de las sub-muestras
Differences between sub-samples	2	0.96	0.48	0.48/1.67 = 0.29*	Diferencias entre sub-muestras
Body-depth (y) on standard length (x)					Altura del cuerpo (y) en la longitud standard
Deviations from total regression	98	95.36			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within sub-samples	96	94.91	0.99		Desviaciones de las regresiones dentro de las sub-muestras
Differences between sub-samples	2	0.45	0.23	0.23/0.99 = 0.23*	Diferencias entre sub-muestras
Eye-diameter (y) on head-length (x)					Diámetro ocular (y) en la longitud cefálica (x)
Deviations from total regression	98	9.51			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within sub-samples	96	8.27	0.09		Desviaciones de las regresiones dentro de las sub-muestras
Differences between sub-samples	2	1.24	0.62	0.62/0.09 = 6.89	Diferencias entre sub-muestras
Differences between regression coefficients	1	0.34	0.34	0.34/0.09 = 3.77	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted means	1	0.90	0.90		Diferencias entre promedios ajustados

Not significant $P > 0.01$

* No significativas

 $P > 0.01$

TABLE 3. Frequency distribution, number of specimens, mean and standard deviation of anal fin ray counts of anchovetas from ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean, and from two latitudinal "faunal regions."

TABLA 3. Distribución de frecuencia, número de ejemplares, media y desviación standard del número de radios en la aleta anal en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical, y en dos "regiones faunísticas" erigidas considerando la latitud.

Locality	Year	Number of fish having anal fin ray counts of:							N	Mean	S
		20	21	22	23	24	25	26			
Ejemplares que tienen radios en la aleta anal en número de:											
Localidad	Año	20	21	22	23	24	25	26	N	Media	S
Almejas (N)	1955	—	3	32	39	24	1	1	100	22.91	0.895
San Felipe (N)	1956	—	1	13	8	6	—	—	28	22.67	0.847
Guaymas (N)	1956	—	4	39	43	12	2	—	100	22.69	0.808
Ahome (N)	1956	1	11	36	39	13	—	—	100	22.52	0.888
Banderas (N)	1956	—	7	27	49	17	—	—	100	22.76	0.813
Tehuantepec	1956	—	1	10	9	7	2	—	29*	22.96	0.999
Nicoya (S)	1955	—	8	21	34	12	—	—	75	22.66	0.869
Montijo (S)	1955	—	—	12	10	6	3	—	31	23.00	0.983
Panama (S)	1955	—	1	18	42	37	2	—	100	23.21	0.791
Colombia (S)	1955	—	1	27	39	17	4	—	88	22.95	0.851
Total "northern" localities		1	26	147	178	72	3	1	428	22.71	0.863
Total localidades "norteñas"											
Total "southern" localities		—	10	78	125	72	9	—	294	22.97	0.876
Total localidades "sureñas"											

* Two fish with degenerated anal fin discarded from the calculations.

* Dos ejemplares con la aleta anal degenerada, no incluidos en los cálculos.

TABLE 4. Values of t resulting from the comparison of mean anal fin ray counts of anchovetas in each of ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean. The first four regions are considered "northern" and the last four "southern," as indicated by N and S.

TABLA 4. Valores de t obtenidos al comparar el número promedio de radios en la aleta anal de anchovetas de cada una de las diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical. Las cuatro primeras regiones han sido consideradas como "norteñas" y las últimas cuatro como "sureñas", tal y como lo indican las iniciales N y S.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	All "southern" localities
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	Todas las localidades "sureñas"
San Felipe (N)	1.30									
Guaymas (N)	1.82	0.90								
Ahome (N)	3.17*	0.83	1.50							
Banderas (N)	1.01	0.87	0.75	1.99						
Tehuantepec	0.89	1.28	1.35	2.15	1.60					
Nicoya (S)	1.42	1.00	0.50	0.90	0.70	1.25				
Montijo (S)	0.90	1.60	1.92	2.50	1.65	0.13	1.80			
Panama (S)	2.52	3.03*	4.51*	5.55*	3.87*	1.30	4.52*	1.32		
Colombia (S)	0.20	1.58	2.20	3.38*	1.57	0.90	2.20	0.92	2.16	
All "northern" localities										3.94*
Todas las localidades "norteñas"										

* Significant — probability of occurrence by chance less than 0.01.

* Significativo — probabilidad de ocurrencia al azar menor de 0.01.

TABLE 5. Frequency distribution, number of specimens, mean and standard deviation of anchoveta scales in a longitudinal series, from ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean, and from two latitudinal "faunal regions."

TABLA 5. Distribución de frecuencias, número de ejemplares, media y desviación standard del número de escamas en una serie longitudinal en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical, y en dos "regiones faunísticas," erigidas considerando la latitud.

Locality	Year	Number of fish having scales counts of:														N	Mean	S
		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42				
		Ejemplares que tienen escamas en una hilera longitudinal en números de:																
Localidad	Año	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	N	Media	S	
San Felipe	1956	1	3	4	5	2	3	7	1	1	1	—	—	—	28	34.10	2.273	
Almejas (N)	1955	—	—	—	—	6	11	18	18	21	16	6	3	1	100	37.30	1.786	
Guaymas (N)	1955	—	—	—	4	9	12	12	16	15	12	10	8	2	100	37.32	2.293	
Ahome (N)	1956	—	—	—	—	6	9	22	20	17	16	7	3	100	38.24	1.726		
Banderas (N)	1956	—	—	—	—	1	12	16	17	19	18	12	5	—	100	37.68	1.748	
Tehuantepec (N)	1956	—	—	—	—	—	—	3	4	9	10	4	1	—	31	38.35	1.232	
Nicoya (S)	1955	—	—	—	—	5	11	11	13	13	12	9	1	—	75	37.26	1.835	
Montijo (S)	1955	—	—	—	—	—	—	3	6	9	7	4	2	—	31	38.29	1.350	
Panama (S)	1955	—	—	—	1	3	8	14	16	25	19	10	2	2	100	37.68	1.776	
Colombia (S)	1955	—	—	1	5	4	8	15	16	15	15	7	1	1	88	37.08	2.040	
Total "northern" localities		—	—	—	4	16	41	58	77	84	73	48	24	6	431	37.68	1.907	
Total localidades "norteñas"																		
Total "southern" localities		—	—	1	6	12	27	43	51	62	53	30	6	3	294	37.46	1.874	
Total localidades "sureñas"																		

TABLE 6. Values of t resulting from the comparison of the mean numbers of scales along a longitudinal series in ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.TABLA 6. Valores de t obtenidos al comparar el número promedio de escamas en una serie longitudinal de anchovetas de cada una de las diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	All "southern" localities
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	Todas las localidades "sureñas"
San Felipe	6.40*									
Guaymas (N)	0.40	6.50*								
Ahome (N)	4.56*	6.75*	3.30*							
Banderas (N)	1.42	6.50*	1.10	2.20						
Tehuantepec (N)	3.80*	6.70*	3.40*	0.30*	2.35					
Nicoya (S)	0.10	6.50*	0.30	4.50*	1.43	3.95*				
Montijo (S)	3.48*	7.00*	2.91*	0.50	1.78	0.15	3.45*			
Panama (S)	1.81	5.55*	1.10	2.40	0.05	2.36	1.40	1.92		
Colombia (S)	0.86	6.20*	0.70	4.40*	2.20	4.00*	0.78	3.75*	2.20	
All "northern" localities										1.55
Todas las localidades "norteñas"										

* Significant — probability of occurrence by chance less than 0.01.

* Significativo — probabilidad de ocurrencia al azar menor de 0.01.

TABLE 7. Frequency distribution, number of specimens, mean and standard deviation of vertebral counts of anchovetas from ten localities of the Tropical Eastern Pacific Ocean, and from two latitudinal "faunal regions."

TABLA 7. Distribución de frecuencia, número de ejemplares, media y desviación standard del número de vértebras en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical, y en dos "regiones faunísticas" erigidas considerando la latitud.

Locality	Year	No. of fish having vertebral counts of:					N	Mean	S
		39	40	41	42	43			
Localidad	Año	Ejemplares que tienen cuentas vertebrales en número de:					N	Media	S
		39	40	41	42	43			
Almejas	1955	—	1	64	34	1	100	41.35	0.417
San Felipe (N)	1956	—	7	38	2	—	47	40.89	0.424
Guaymas (N)	1956	—	6	73	8	—	87	41.02	0.400
Ahome (N)	1956	1	6	75	18	—	100	41.10	0.519
Banderas (N)	1956	1	7	76	16	—	100	41.07	0.415
Tehuantepec (N)	1956	—	1	28	3	—	32	41.06	0.348
Nicoya (S)	1955	—	4	60	11	—	75	41.07	0.437
Montijo (S)	1955	—	2	36	8	—	46	41.13	0.447
Panama (S)	1955	—	3	88	9	—	100	41.06	0.341
Colombia (S)	1955	1	9	82	7	—	99	40.95	0.447
Total "northern" localities	1956	2	27	290	47	—	366	41.04	0.439
Total localidades "norteñas"									
Total "southern" localities	1955	1	18	266	35	—	320	41.04	0.442
Total localidades "sureñas"									

TABLE 8. Values of t resulting from the comparison of the mean vertebral count of anchovetas in each of ten localities of the Tropical Eastern Pacific Ocean.

TABLA 8. Valores de t obtenidos al comparar el número promedio de vértebras de anchovetas de cada una de las diez localidades estudiadas, con el de todas las demás.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	All "southern" localities
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	Todas las localidades "sureñas"
San Felipe (N)	7.50*									
Guaymas (N)	5.72*	1.42								
Ahome (N)	3.80*	2.59	1.32							
Banderas (N)	4.50*	2.23	0.74	0.65						
Tehuantepec (N)	3.90*	1.85	0.80	0.58	0.40					
Nicoya (S)	3.81*	2.50	1.32	0.12	0.45	0.35				
Montijo (S)	3.30*	2.66*	1.75	0.54	1.10	1.00	0.56			
Panama (S)	4.84*	2.83*	0.70	0.78	0.50	0.92	0.50	1.32		
Colombia (S)	6.30*	1.20	0.85	0.82	1.70	0.87	1.85	2.25	1.62	
All "northern" localities										0
Todas las localidades "norteñas"										

* Significant — probability of occurrence by chance less than 0.01.

* Significativo — probabilidad de ocurrencia al azar menor de 0.01.

TABLE 9. Frequency distribution, number of specimens, mean and standard deviation of number of gill rakers on the lower limb of the first gill arch of anchovetas from ten localities of the Tropical Eastern Pacific Ocean and from two latitudinal "faunal regions."

TABLA 9. Distribución de frecuencia, número de ejemplares, media y desviación standard del número de branquispinas en la rama inferior del primer arco branquial en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical, y en dos "regiones faunísticas" erigidas considerando la latitud.

Locality	Year	Number of fish having gill rakers counts of:																		N	Mean	S
		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
Localidad	Año	Ejemplares que tienen branquispinas en número de:																		N	Media	
		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
Almejas (N)	1955	—	—	2	3	3	5	9	12	19	17	8	12	6	1	2	1	—	100	63.33	2.60	
San Felipe (N)	1956	—	—	—	3	5	4	6	5	1	3	1	—	—	—	—	—	—	28	60.89	1.91	
Guaymas (N)	1956	—	—	1	1	1	8	11	9	15	21	13	6	9	3	2	—	—	100	63.58	2.42	
Ahome (N)	1956	—	—	—	—	2	—	6	8	15	13	16	17	10	8	4	1	—	100	64.79	2.29	
Banderas (N)	1956	—	—	—	1	1	1	5	9	18	18	20	11	8	6	—	1	1	100	64.37	2.19	
Tehuantepec (N)	1956	—	—	—	—	1	—	1	4	3	9	6	3	1	3	—	—	—	31	64.25	2.01	
Nicoya (S)	1955	—	—	2	4	19	11	11	12	7	7	1	1	—	—	—	—	—	75	60.82	1.99	
Montijo (S)	1955	1	2	3	2	4	4	7	5	2	1	—	—	—	—	—	—	—	31	59.90	2.24	
Panama (S)	1955	1	2	2	4	2	6	11	13	11	17	11	10	5	4	1	—	—	100	63.00	2.90	
Colombia (S)	1955	—	—	—	—	3	1	9	11	17	20	15	6	4	1	1	—	—	88	63.58	1.94	
Total "northern" localities		—	—	3	8	13	18	38	47	71	81	64	49	34	21	8	3	1	459	63.84	2.51	
Total localidades "norteñas"																						
Total "southern" localities		2	4	7	10	28	22	38	41	37	45	27	17	9	5	2	—	—	294	62.29	2.71	
Total localidades "sureñas"																						

TABLE 10. Values of t resulting from the comparison of the mean numbers of gill rakers in the lower limb of the first gill arch of anchovetas in ten localities of the Tropical Eastern Pacific Ocean.

TABLA 10. Valores de t obtenidos al comparar el número promedio de branquispinas en la rama inferior del primer arco branquial de anchovetas de cada una de las diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	All "southern" localities	
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	Todas las localidades "sureñas"	
San Felipe	5.70*									7.86*	
Guaymas	0.55	5.80*									
Ahome	4.32*	8.50*	3.80*								
Banderas	3.05*	6.58*	2.42	1.40							
Tehuantepec	2.06	6.50*	1.85	1.35	6.50*						
Nicoya	7.15*	0.65	8.40*	8.40*	8.45*	6.40*					
Montijo	7.20*	1.72	6.35*	6.40*	6.35*	8.50*	2.00				
Panama	0.80	4.80*	1.50	4.87*	3.90*	2.72*	5.75*	5.95*			
Colombia	0.79	6.35*	0.20	3.75*	2.62*	1.85	8.30*	6.30*	1.80		
All "northern" localities											
Todas las localidades "norteñas"											

* Significant — probability of occurrence by chance less than 0.01.

* Significativo — probabilidad de ocurrencia al azar menor de 0.01.

TABLE 11. Frequency distribution, number of specimens, mean and standard deviation of the the ratio of head-length to standard length for anchovetas of ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

TABLA 11. Distribución de frecuencias, número de ejemplares, media y desviación standard del índice "longitud cefálica en relación con la longitud standard" en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Number of fish for which ratio of head-length to standard length is:															N	Mean	S
	2.47	2.52	2.57	2.62	2.67	2.72	2.77	2.82	2.87	2.92	2.97	3.02	3.07	3.12	3.17			
Localidad	Número de ejemplares con un índice de:															N	Media	S
Localidad	2.47	2.52	2.57	2.62	2.67	2.72	2.77	2.82	2.87	2.92	2.97	3.02	3.07	3.12	3.17	N	Media	S
Almejas	—	—	1	9	29	39	11	10	1	—	—	—	—	—	—	100	2.71	0.054
San Felipe	—	—	—	—	2	5	7	7	4	2	1	—	—	—	—	28	2.80	0.070
Guaymas	—	—	3	7	27	28	19	14	1	1	—	—	—	—	—	100	2.72	0.065
Ahome	—	—	—	—	6	20	35	24	9	4	2	—	—	—	—	100	2.78	0.069
Banderas	—	—	—	7	22	40	16	8	7	—	—	—	—	—	—	100	2.72	0.060
Tehuantepec	—	—	—	—	4	15	6	4	—	—	—	—	—	—	—	29*	2.73	0.036
Nicoya	—	—	1	—	—	3	16	21	12	9	4	4	1	2	2	75	2.86	0.121
Montijo	—	—	—	—	3	7	9	6	4	2	—	—	—	—	—	31	2.78	0.058
Panama	—	—	5	23	19	22	10	11	4	3	2	1	—	—	—	100	2.71	0.096
Colombia	1	3	16	33	22	11	2	—	—	—	—	—	—	—	—	88	2.63	0.056

* Two specimens discarded from the calculations.

* Dos ejemplares no incluidos en los cálculos.

TABLE 12. Values of t resulting from the comparison of the average ratios of head-length to standard length for anchovetas of ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

TABLA 12. Valores de t obtenidos al comparar el valor promedio del índice "longitud cefálica en relación con la longitud standard" en anchovetas de cada una de las diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama
San Felipe	5.45*								
Guaymas	1.70	5.00*							
Ahome	8.40*	1.20	7.30*						
Banderas	2.10	4.80*	0.78	6.60*					
Tehuantepec	3.00*	4.00*	1.50	5.65*	1.00				
Nicoya	7.89*	3.45*	7.40*	5.40*	7.20*	6.70*			
Montijo	6.40*	0.92	4.60*	1.35	4.70*	4.30*	4.40*		
Panama	0.89	4.75*	0.90	6.60*	1.20	1.40	7.80*	4.70*	
Colombia	8.90*	11.56*	9.50*	16.00*	10.20*	8.75*	12.50*	10.20*	7.19*

* Significant — probability of occurrence by less than 0.01.

* Significativo — probabilidad de ocurrencia de azar de menos de 0.01.

TABLE 13. Frequency distribution, number of specimens, mean and standard deviation of the ratio of body-depth to standard length for anchovetas in ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

TABLA 13. Distribución de frecuencias, número de ejemplares, media y desviación standard del índice "altura del cuerpo en relación con la longitud standard" en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Number of fish for which ratio of body-depth to standard length is:												N	Mean	S
	3.04	3.14	3.24	3.34	3.44	3.54	3.64	3.74	3.84	3.94	4.04	4.14			
Localidad	Número de ejemplares con un índice de:												N	Media	S
	3.04	3.14	3.24	3.34	3.44	3.54	3.64	3.74	3.84	3.94	4.04	4.14			
Almejas	—	—	1	—	2	18	31	29	17	2	—	—	100	3.68	0.117
San Felipe	—	—	—	1	2	2	6	6	7	3	1	—	28	3.72	0.164
Guaymas	—	—	—	—	2	6	19	22	35	10	3	3	100	3.78	0.139
Ahome	—	1	2	1	7	19	17	26	20	5	1	1	100	3.68	0.168
Banderas	—	—	—	1	7	22	29	22	12	5	2	—	100	3.67	0.140
Tehuantepec	—	—	1	8	13	7	1	1	—	—	—	—	31	3.44	0.106
Nicoya	1	4	6	9	17	16	14	8	—	—	—	—	75	3.48	0.169
Montijo	—	5	13	6	5	2	—	—	—	—	—	—	31	3.29	0.113
Panama	—	—	2	11	40	31	9	5	1	—	—	—	99*	3.49	0.109
Colombia	—	—	—	4	4	5	14	26	23	10	—	—	86**	3.73	0.151

* One specimen (ratio = 4.25) discarded from the calculations

** Two specimens (ratios = 4.46 and 4.48) discarded

* Un ejemplar (índice = 4.25) no incluido en los cálculos

** Dos ejemplares (índices = 4.46 y 4.48) no incluidos en los cálculos

TABLE 14. Values of t resulting from the comparison of the average ratio of body depth to standard length for anchovetas in ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.TABLA 14. Valores de t obtenidos al comparar el valor promedio del índice "altura del cuerpo en relación con la longitud standard" de anchovetas de cada una de las diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama
San Felipe	2.20								
Guaymas	5.70*	2.30							
Ahome	0.50	1.80	4.60*						
Banderas	0.92	2.40	5.70*	0.50					
Tehuantepec	8.00*	9.20*	14.60*	8.60*	8.20*				
Nicoya	7.60*	8.40*	9.15*	7.00*	7.20*	1.40			
Montijo	20.00*	16.00*	19.75*	10.00*	10.50*	5.35*	6.30*		
Panama	9.00*	8.25*	16.00*	8.40*	8.50*	2.05	0.90	7.70*	
Colombia	2.30**	0.30	2.25	2.00	2.81*	9.50*	8.60*	12.00*	9.20*

* Significant — probability of occurrence by chance less than 0.01

** Significant at the 0.05 per cent level

* Significativo — probabilidad de ocurrencia al azar menor de 0.01

** Significativo en el nivel de 0.05 por ciento

TABLE 15. Frequency distribution, number of specimens, mean and standard deviation of the ratios of eye-diameter to head-length for anchovetas of ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

TABLA 15. Distribución de frecuencias, número de ejemplares, media y desviación standard del índice "diámetro ocular en relación con la longitud cefálica" en anchovetas de localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Number of fish for which the ratio of eye-diameter to head-length is:												N	Mean	S
	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4			
Número de ejemplares con un índice de:															
Localidad	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	N	Media	S
Almejas	—	—	4	27	36	19	11	3	—	—	—	—	100	5.34	0.343
San Felipe	1	5	10	5	4	3	—	—	—	—	—	—	28	4.86	0.396
Guaymas	—	—	1	11	38	25	13	9	3	—	—	—	100	5.83	0.381
Ahome	—	—	—	1	5	17	19	25	15	9	8	1	100	6.16	0.507
Banderas	—	—	—	—	1	7	35	25	24	8	—	—	100	6.16	0.337
Tehuantepec	—	—	—	—	2	8	13	5	3	—	—	—	31	5.89	0.304
Nicoya	—	3	5	40	22	3	2	—	—	—	—	—	75	5.09	0.272
Montijo	—	2	7	18	3	1	—	—	—	—	—	—	31	4.94	0.245
Panama	—	—	10	26	27	29	7	—	—	—	—	—	99*	5.24	0.334
Colombia	—	3	8	24	26	13	9	1	1	3	—	—	88	5.31	0.486

* One specimen discarded from the calculations

* Un ejemplar no incluido en los cálculos

TABLE 16. Values of t resulting from the comparison of the average ratio of eye-diameter to head length of anchovetas in ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.TABLA 16. Valores de t obtenidos al comparar el valor promedio del índice "diámetro ocular en relación con la longitud cefálica" de anchoveta de cada una de las diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama
San Felipe	6.0*								
Guaymas	4.0*	7.5*							
Ahome	13.7*	13.8*	10.0*						
Banderas	19.0*	20.0*	11.5*	0.5					
Tehuantepec	8.0*	11.0*	5.0*	3.8*	4.4*				
Nicoya	5.5*	3.0*	7.3*	19.0*	24.0*	11.0*			
Montijo	7.8*	1.0	9.5*	17.0*	18.0*	15.0*	2.9*		
Panama	2.2	4.8*	5.8*	15.2*	19.0*	12.0*	3.2*	5.0*	
Colombia	0.90	4.6*	3.5*	13.8*	15.6*	7.4*	3.4*	5.7*	1.0

* Significant — probability of occurrence by chance less than 0.01

* Significativo — probabilidad de ocurrencia al azar de menos de 0.01

TABLE 17. Equations for the regressions of head-length and body-depth on standard length, and of eye-diameter on head-length for anchovetas from ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

TABLA 17. Ecuaciones de las líneas de regresión de la longitud cefálica y la altura del cuerpo en la longitud standard y del diámetro ocular en la longitud cefálica, de anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Locality	Head-length (y) on standard length (x)	Body-depth (y) on standard length (x)	Eye-diameter (y) on head-length (x)
Localidad	Longitud cefálica (y) en la longitud standard (x)	Altura del cuerpo (y) en la longitud standard (x)	Diámetro ocular (y) en la longitud cefálica (x)
Almejas	$y = 9.9256 + 0.28338x$	$y = -1.8596 + 0.28748x$	$y = 4.2459 + 0.08705x$
San Felipe	$y = -1.9244 + 0.37376x$	$y = -2.4607 + 0.28961x$	$y = 2.0464 + 0.15773x$
Guaymas	$y = 6.2103 + 0.31459x$	$y = 1.1089 + 0.25523x$	$y = -2.7323 + 0.24241x$
Ahome	$y = 1.7872 + 0.34415x$	$y = -13.2097 + 0.38225x$	$y = 0.6313 + 0.14727x$
Banderas	$y = 4.8763 + 0.32507x$	$y = -5.8074 + 0.32228x$	$y = 1.4446 + 0.10405x$
Tehuantepec	$y = -3.0254 + 0.39058x$	$y = -3.1884 + 0.31613x$	$y = 0.9461 + 0.14883x$
Nicoya	$y = 9.9550 + 0.26513x$	$y = -17.4980 + 0.43576x$	$y = 2.1258 + 0.14393x$
Montijo	$y = 6.6139 + 0.30267x$	$y = 7.4162 + 0.36722x$	$y = 2.2580 + 0.14710x$
Panama	$y = -7.4508 + 0.43353x$	$y = 5.6373 + 0.33516x$	$y = 2.9568 + 0.11847x$
Colombia	$y = 0.9662 + 0.37142x$	$y = 3.8806 + 0.23624x$	$y = 8.4976 + 0.00125x$

TABLE 18. Comparison of anchoveta body proportions from ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean by covariance analysis, linear regressions.

TABLA 18. Comparación de proporciones del cuerpo en anchovetas de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical, mediante el análisis de covarianza, regresiones lineales.

Source of variation	Degrees of freedom Grados de libertad	Sum of squares Suma de cuadrados	Mean square Cuadrado medio	Variance ratios Proporción de la variancia	Causa de la Variación
Head-length (y) on standard length (x)					Longitud cefálica (y) en la longitud standard (x)
Deviations from total regressions	751	1424.31			Desviaciones de la regresión total
Differences among localities	733	893.37	1.20		Desviaciones entre localidades
Differences among regression coefficients	18	740.94	41.16	41.16/1.20 = 34.30	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences among adjusted locality means	9	80.00	8.88	8.88/1.20 = 7.40	Diferencias entre los promedios ajustados
Body depth (y) on standard length (x)					Altura del cuerpo (y) en la longitud standard (x)
Deviations from total regressions	751	2370.27			Desviaciones de la regresión total
Differences among localities	733	1483.36	1.61		Desviaciones entre localidades
Differences among regression coefficients	18	1185.91	65.94	65.94/1.61 = 40.95	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences among adjusted locality means	9	97.77	10.86	10.86/1.61 = 6.74	Diferencias entre los promedios ajustados
Eye diameter (y) on head-length (x)					Diámetro ocular (y) en la longitud standard (x)
Deviations from total regressions	751	408.64			Desviaciones de la regresión total
Differences among localities	733	152.81	0.21		Desviaciones entre localidades
Differences among regression coefficients	18	255.83	14.21	14.21/0.21 = 67.67	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences among adjusted locality means	9	12.72	1.41	1.41/0.208 = 6.77	Diferencias entre los promedios ajustados

TABLE 19. Comparison of the linear regressions of head-length on standard length for anchovy from six pairs of localities by covariance analysis.

TABLA 19. Comparación de las regresiones lineares de la longitud cefálica en la longitud estándar, en anchovy de seis pares de localidades, mediante el análisis de covarianza.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratio	Cause of the Variation
	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Proporción de la variancia	
Panama vs. Nicoya					Panama vs. Nicoya
Deviations from total regression	173	605.51	1.97		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within localities	171	337.11			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	268.40	134.20	134.20/1.97 = 68.10	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	2	55.53	55.53	55.53/1.97 = 28.18	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	212.87	212.87		Diferencias entre los promedios ajustados
Panama vs. Banderas					Panama vs. Banderas
Deviations from total regression	198	310.54	1.44		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within localities	196	283.39			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	27.15	13.57	13.57/1.44 = 9.39	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	2	22.54	22.54	22.54/1.44 = 15.65	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	4.61	4.61		Diferencias entre los promedios ajustados
Panama vs. Montijo					Panama vs. Montijo
Deviations from total regression	129	295.48	1.69		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within localities	127	215.74			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	79.74	39.87	39.87/1.69 = 23.59	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	2	29.29	29.29	29.29/1.69 = 17.33	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	50.45	50.45		Diferencias entre los promedios ajustados
Almejas vs. Ahome					Almejas vs. Ahome
Deviations from total regression	198	222.77	0.88		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within localities	196	172.90			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	49.87	24.93	24.93/0.88 = 28.32	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	2	19.64	19.64	19.64/0.88 = 22.32	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	43.23	43.23	6.64/0.88 = 7.54	Diferencias entre los promedios ajustados
Almejas vs. Guaymas					Almejas vs. Guaymas
Deviations from total regression	198	194.93	0.99		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within localities	196	194.91			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	2.02	1.01	1.01/0.99 = 1.02*	Diferencias entre localidades
Guaymas vs. Ahome					Guaymas vs. Ahome
Deviations from total regression	198	241.07	1.01		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regression within localities	196	198.75			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	42.32	21.16	21.16/1.01 = 20.95	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	2	1.54	1.54	1.54/1.01 = 1.52*	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	40.78	40.78	40.78/1.01 = 40.37	Diferencias entre los promedios ajustados

* Not significant, $P > 0.01$ * No significant, $P > 0.01$

TABLE 20. Comparison of the linear regression of body-depth on standard length for anchovy pairs from seven pairs of localities, by covariance analysis.

TABLA 20. Comparación de las regresiones lineales de la altura del cuerpo en la longitud estándar, en anchovetas de siete pares de localidades, mediante el análisis de covarianza.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratios	Cause of the Variation
	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Medio	Proporción de la variancia	
Guaymas vs. Almejas					Guaymas vs. Almejas
Deviations from total regression	198	264.26	1.16		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	196	228.92			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	35.34	17.67	$17.67/1.16 = 15.12$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	1.09	1.09	$1.09/1.16 = 0.93^*$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	34.25	34.25	$34.25/1.17 = 29.27$	Diferencias entre los promedios ajustados
Guaymas vs. Ahome					Guaymas vs. Ahome
Deviations from total regression	198	387.19	1.65		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	196	324.76			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	62.43	31.21	$31.21/1.65 = 18.83$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	28.17	28.17	$28.17/1.65 = 17.00$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	34.26	34.26		Diferencias entre los promedios ajustados
Ahome vs. Banderas					Ahome vs. Banderas
Deviations from total regression	198	338.63	1.67		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	196	328.59			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	10.04	5.02	$5.02/1.67 = 2.99^*$	Diferencias entre localidades
Colombia vs. Almejas					Colombia vs. Almejas
Deviations from total regression	186	344.07	1.82		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	184	335.96			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	8.11	4.05	$4.05/1.82 = 2.22^*$	Diferencias entre localidades
Colombia vs. Guaymas					Colombia vs. Guaymas
Deviations from total regression	186	383.30	2.01		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	184	371.38			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	11.92	5.96	$5.96/2.01 = 2.96^*$	Diferencias entre localidades
Panama vs. Colombia					Panama vs. Colombia
Deviations from total regression	186	565.76	1.94		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	184	357.08			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	208.68	104.34	$104.34/1.94 = 53.78$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	9.70	9.70	$9.70/1.94 = 5.00^*$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	198.98	198.98	$198.98/1.98 = 100.49$	Diferencias entre los promedios ajustados
Panama vs. Nicoya					Panama vs. Nicoya
Deviations from total regression	173	278.77	1.51		Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	171	258.52			Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	20.25	10.12	$10.12/1.51 = 6.70$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	19.84	19.84	$19.84/1.51 = 13.14$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	0.41	0.41		Diferencias entre los promedios ajustados

* Not significant, $P > 0.01$ * No significant, $P > 0.01$

TABLE 21. Comparison of the linear regression of eye diameter on head-length for anchovy from six pairs of localities, by covariance analysis, linear regressions.

TABLA 21. Comparación de las regresiones lineales del diámetro ocular en la longitud cefálica, en anchovy de seis pares de localidades, mediante el análisis de covarianza.

Source of variation	Degrees of freedom Grados de libertad	Sum of squares Suma de cuadrados	Mean-square Cuadrado medio	Variance ratios Proporción de la varianza	Causa de la Variancia
San Felipe vs. Guayas					San Felipe vs. Guayas
Deviations from total regression	126	65.31			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	124	36.10	0.291		Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	29.21	14.60	$14.60/0.291 = 50.17$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	6.44	6.44	$6.44/0.291 = 22.13$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	22.77	22.77		Diferencias entre los promedios ajustados
Guayas vs. Almejas					Guayas vs. Almejas
Deviations from total regression	198	49.08			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	196	40.15	0.204		Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	8.93	4.46	$4.46/0.204 = 21.86$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	5.73	5.73	$5.73/0.204 = 28.08$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	3.20	3.20		Diferencias entre los promedios ajustados
Almejas vs. Panama					Almejas vs. Panama
Deviations from total regression	198	37.33			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	196	36.89	0.188		Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	0.44	0.22	$0.22/0.188 = 1.17^*$	Diferencias entre localidades
Ahome vs. Banderas					Ahome vs. Banderas
Deviations from total regression	198	42.25			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	196	41.75	0.213		Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	0.50	0.25	$0.25/0.213 = 1.17^*$	Diferencias entre localidades
Nicoya vs. Montijo					Nicoya vs. Montijo
Deviations from total regression	104	16.45			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	102	14.98	0.146		Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	1.47	0.735	$0.735/0.146 = 5.03$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	0.01	0.01	$0.01/0.146 = 0.07$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	1.46	1.46	$1.46/1.147 = 9.95$	Diferencias entre los promedios ajustados
Nicoya vs. Colombia					Nicoya vs. Colombia
Deviations from total regression	161	33.88			Desviaciones de la regresión total
Deviations from regressions within localities	159	30.36	0.190		Desviaciones de las regresiones dentro de las localidades
Differences between localities	2	3.62	1.76	$1.76/0.190 = 9.26$	Diferencias entre localidades
Differences between regression coefficients	1	3.23	3.23	$3.23/0.190 = 17.00$	Diferencias entre coeficientes de regresión
Differences between adjusted locality means	1	0.29	0.29		Diferencias entre los promedios ajustados

* Not significant, $P > 0.01$ * No significant, $P > 0.01$

TABLE 22. Agreement of *t*-test and analysis of covariance for anchovetas from several localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean.TABLA 22. Similitudes en los resultados obtenidos con el método *t* y con el análisis de covariancia al comparar anchovetas de varias localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Head-length on standard length Longitud cefálica en la longitud standard	<i>t</i> -test Método <i>t</i>	Covariance Covariancia
Panama vs. Nicoya	sig.	sig.
Panama vs. Banderas	not sig.	sig.
Panama vs. Montijo	sig.	sig.
Almejas vs. Ahome	sig.	sig.
Almejas vs. Guaymas	not sig.	not sig.
Guaymas vs. Ahome	sig.	sig.
Body-depth on standard length Altura del cuerpo en la longitud standard		
Guaymas vs. Almejas	sig.	sig.
Guaymas vs. Ahome	sig.	sig.
Ahome vs. Banderas	not sig.	not sig.
Colombia vs. Almejas	not sig.	not sig.
Colombia vs. Guaymas	not sig.	not sig.
Panama vs. Colombia	sig.	sig.
Panama vs. Nicoya	not sig.	sig.
Eye-diameter on head-length Diámetro ocular en la longitud cefálica		
San Felipe vs. Guaymas	sig.	sig.
Guaymas vs. Almejas	sig.	sig.
Almejas vs. Panama	not sig.	not sig.
Ahome vs. Banderas	not sig.	not sig.
Nicoya vs. Montijo	sig.	sig.
Nicoya vs. Colombia	sig.	sig.

TABLE 23. Biometric differences in distinctive characters* between localities.

TABLA 23. Diferencias biométricas en los caracteres* empleados para las comparaciones entre localidades.

Locality	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	"southern" localities "sureñas"
Localidad	Almejas	San Felipe	Guaymas	Ahome	Banderas	Tehuantepec	Nicoya	Montijo	Panama	localidades sureñas
San Felipe										
Guaymas	S-V-G-H E	S-G-H E								
Ahome	V-D-E A-S-V-G H-E	S-G-E E	S-G-H-D E							
Banderas	V-G-E	S-G-H E	D-E	H						
Tehuantepec	S-V-D-E	S-G-H-D E	S-D-E	H-D-E	G-D-E					
Nicoya	V-G-H-D E	S-H-D E	G-H-D-E	S-G-H-D E	G-H-D-E	G-H-E				
Montijo	S-V-G-H D-E	S-V-D E	S-G-H-D E	G-D-E	G-H-D-E	G-H-D-E	S-H-D			
Panama	V-H-D	A-S-V-G H-D-E E	A-D-H-E	A-G-H-D E	A-G-H-D-E	G-E	A-G-H-D E	G-H-D-E E		
Colombia	V-H	S-G-H-E E	H-E	A-S-G-H E	G-H-D-E	S-H-D-E	G-H-D-E	H-D		
"northern" localities "norteñas"										A-G-D-E

* A = difference in anal fin ray count
 V = difference in vertebral count
 S = difference in scales in a longitudinal series counts
 G = difference in gill raker counts
 H = difference in head-length
 D = difference in body-depth
 E = difference in eye-diameter

* A = Diferencias en el número de radios en la aleta anal
 V = Diferencias en el número de vértebras
 S = Diferencias en el número de escamas en una serie longitudinal
 G = Diferencias en el número de branquiaspinas
 H = Diferencias en la longitud cefálica
 D = Diferencias en la altura del cuerpo
 E = Diferencias en el diámetro ocular

COMPARACION BIOMETRICA EN ANCHOVETAS, *CETENGRAULIS*
MYSTICETUS (GÜNTHER), DE DIEZ LOCALIDADES DEL
OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL

por

Julio Berdegúé A.

RESUMEN

La Comisión Interamericana del Atún Tropical está interesada en saber si la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), la principal especie usada como cebo para la pesca del atún en el Océano Pacífico Oriental Tropical, está compuesta de una o de varias poblaciones. Investigaciones previas indicaron que, a base de diferencias significativas encontradas en ciertos caracteres numéricos, las poblaciones de esta especie en seis de las principales localidades entre México y Perú, podían ser consideradas provisionalmente como pertenecientes a "stocks" separados. Desde entonces se han venido haciendo recolecciones adicionales de anchovetas en éstas y otras localidades intermedias. El propósito del presente trabajo ha sido confirmar los resultados obtenidos previamente, y determinar si las diferencias en los caracteres numéricos han persistido de un año a otro, así como examinar ciertos caracteres morfométricos en los peces de estas áreas, y resolver si las poblaciones de las nuevas localidades muestreadas son también entidades diferentes.

Se examinaron anchovetas de diez localidades desde México a Colombia, a saber: Bahía Almejas, San Felipe, Bahía de Guaymas, Punta Ahome, Bahía Banderas, Golfo de Tehuantepec, Golfo de Nicoya, Bahía Montijo, Golfo de Panamá y Punta Soldado.

Para este estudio se seleccionaron cuatro caracteres numéricos y tres morfométricos: radios en la aleta anal, escamas en una serie longitudinal, vértebras, branquispinas en el primer arco branquial, longitud cefálica, altura del cuerpo y diámetro ocular. Se examinaron solamente ejemplares que medían entre 100 y 130 mm. de longitud standard. Este margen de tamaños corresponde a ejemplares en su primer año de vida.

Los cuatro caracteres numéricos fueron comparados mediante el método *t*. En vista de que el número de branquispinas aumenta con el tamaño de los ejemplares, éstas fueron también comparadas con la ayuda de las líneas de regresión del número de branquispinas en la longitud standard. Con el reducido margen de tamaños seleccionados, los resultados obtenidos con ambos métodos fueron muy similares.

Los tres caracteres morfométricos fueron estudiados de dos maneras: mediante el método *t* (para la comparación de las medias de las proporciones "longitud cefálica en relación a la longitud standard," "altura del cuerpo en relación a la longitud standard" y "diámetro ocular en relación a la longitud cefálica"), y medi-

ante el análisis de covariancia. Al reducir el margen de tamaños de los ejemplares a medir, ambos métodos proporcionaron resultados casi idénticos.

Los caracteres seleccionados mostraron que existen diferencias significativas entre los ejemplares de las diez localidades, lo que indica que están agrupados en más de un grupo de población. Análisis más detallados demostraron que los ejemplares de cada localidad difieren de los de todas las demás en uno o más de los caracteres seleccionados y que, de hecho, la mayoría difieren en cuatro o cinco de los siete caracteres examinados. La separación de las localidades en dos "grupos faunísticos," norte y sur, indicó que, aunque parece que existe una tendencia a que estos dos grupos arbitrariamente seleccionados difieran significativamente, en general nuestros resultados no permiten suponer la existencia de una definitiva gradiente de variación asociada con la latitud.

Este trabajo proporciona nueva evidencia de que las anchovetas de las diferentes localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical, están separadas en varias poblaciones independientes o semi-independientes. Se demuestra también que algunas de las diferencias significativas entre ciertas localidades persisten de un año a otro, independientemente de si dichas diferencias son de origen fenotípico o genotípico.

AGRADECIMIENTOS

El Sr. Robert L. Wisner de la Institución de Oceanografía nos ayudó considerablemente en el empleo de las técnicas de Rayos X. Nuestro agradecimiento es extensivo a las autoridades de dicha Institución, que nos permitieron el uso de su unidad de Rayos X, y a los pescadores de atún por su constante cooperación e interés en la obtención de muestras de peces-cebo para la Comisión.

INTRODUCCION

La anchoveta, *Cetengraulis mysticetus* (Günther), abunda en las bahías y esteros en una amplia región que se extiende desde San Felipe, en el extremo norte del Golfo de California, hasta el norte del Perú. Su extensa área de distribución, abundancia y tolerancia a cambios de salinidad y temperaturas y su particularidad de resistir largo tiempo en los tanques de los barcos carnaderos dedicados a la pesca del atún, (Alverson y Shimada, 1957), hacen esta especie la más importante de las empleadas como cebo en la pesquería del Océano Pacífico Oriental. Alrededor del 50 por ciento de la carnada que usa la flota atunera de California está constituida por esta especie.

Como más de las tres cuartas partes de las pescas anuales de atún aleta amarilla y barrilete que se hacen en estos mares son obtenidas con carnada viva, el aumento de las pesquerías del atún tropical en años recientes ha hecho necesario que se traten de resolver los problemas biológicos relacionados con la utilización de las diferentes especies-cebo, a fin de llegar a obtener un rendimiento máximo sostenido.

Como medio de lograr una base racional para la mejor utilización de estos recursos naturales, y como un eslabón indispensable en el conocimiento de la biología e historia natural de las especies de carnada, es preciso conocer bien las relaciones

taxonómicas de los diversos "stocks" que mantienen la pesquería. Con anterioridad a este trabajo, se hizo un estudio acerca de las diferencias en varios caracteres numéricos en anchovetas provenientes de seis de las principales áreas de carnada del Pacífico Oriental (Howard, 1954). En este trabajo se llegó a la conclusión de que las poblaciones de cada una de las seis áreas estaban probablemente constituidas por unidades separadas. El propósito de este estudio es suplementar el de Howard, agregando nuevas localidades en las que la Comisión Interamericana del Atún Tropical ha logrado obtener muestras en los últimos años, y usando además nuevos caracteres morfométricos y numéricos que ayuden a determinar la significación taxonómica de las diferentes poblaciones de anchovetas en toda el área de distribución de la especie.

EL PROBLEMA

Cuando una especie tiene una amplia área de distribución y es explotada comercialmente en toda ella, es importante saber si las pescas provienen de una sola población,* o de varias poblaciones verdaderamente independientes o semi-independientes unas de otras. Esto es importante porque, en el segundo caso, la intensidad de la pesca sobre la población de una localidad específica tendrá muy poco o ningún efecto en las demás poblaciones. Sin embargo, si la pesquería depende totalmente de un solo "stock" de peces, las cantidades capturadas en una determinada localidad afectarán las poblaciones de las otras áreas.

Alverson y Shimada (1956) han demostrado que a niveles de explotación como los actuales no hay riesgo inminente de que las poblaciones de especies-cebo puedan ser reducidas a niveles inferiores a los que corresponden al rendimiento máximo sostenido. Estos autores llegaron a dicha conclusión siguiendo el criterio de Howard (1954) de que las poblaciones de carnada de Bahía Almejas, Punta Ahome, Guaymas, el Golfo de Fonseca y el Golfo de Panamá (Figura 1), eran probablemente unidades biológicas aisladas.

Es bien sabido que una especie puede tener varias subpoblaciones morfológicamente diferentes, y que estas diferencias pueden ser el resultado de cambios en las condiciones del medio ambiente durante el período crítico del desarrollo embrionario, o bien pueden ser debidas a diferencias en el genoma producidas por la selección natural actuando durante períodos largos de aislamiento geográfico (Hubbs, 1922, 1925; McHugh, 1942, 1954; Howard, 1954; De Sylva, Stearns y Tabb, 1956, etc.). Howard, seleccionando como caracteres numéricos los radios de las aletas anal y dorsal, el número de branquiaspinas y el número de vértebras, llegó a la conclusión de que, independientemente de si la causa de la variación morfológica en las poblaciones de anchovetas es genética o ambiental, parece que no existe un libre intercambio de individuos, aunque pudiera ocurrir una mezcla parcial.

Puesto que entre poblaciones las diferencias morfológicas son generalmente aparentes en varios caracteres, nosotros, además de los caracteres numéricos empleados por Howard, usamos también en este estudio varias proporciones y medidas del cuerpo.

* A lo largo de este trabajo el término "población" ha sido usado para denotar un grupo de individuos interfértiles que ocupan un área geográfica continua. Comparando varios de estos grupos se pueden observar a menudo diferencias morfológicas de origen fenotípico o genotípico.

En los peces, durante el período crítico de desarrollo embriológico, los caracteres numéricos y morfológicos son influidos tanto por factores genéticos como ambientales. Teóricamente es, pues, deseable, que al comparar individuos de localidades diferentes se obtengan ejemplares de las mismas clases anuales, a menos que de antemano se mida la amplitud de la variación debida al medio ambiente, y entonces se acepten únicamente las diferencias entre áreas que excedan significativamente dicha variación ambiental (Rounsefell y Everhart, 1953). Aún diferencias significativas entre muestras de la misma clase anual, pero de localidades diferentes, pueden deberse a las diferencias ambientales entre las localidades. Sin embargo, la repetición, año tras año, de diferencias significativas entre las mismas clases anuales de localidades diferentes indican, que, independientemente de si las diferencias son genotípicas o fenotípicas, los peces de esas localidades no pertenecen al mismo "stock." Con esta idea en mente, decidimos examinar de nuevo los caracteres numéricos estudiados por Howard, y verificar si las diferencias que él encontró persisten después de un lapso de varios años.

El mejor método para investigar los intercambios y relaciones que existen entre las diferentes poblaciones de una especie es la marcación y liberación de individuos. Durante varios años la Comisión Interamericana del Atún Tropical ha tratado de desarrollar un programa de marcación de anchovetas en el Golfo de Panamá, con el objeto de determinar si realmente existen intercambios con individuos provenientes de otras áreas del Pacífico y de medir la importancia de las migraciones dentro de las distintas regiones del Golfo. Debido en parte a dificultades de orden técnico y en parte a que el esfuerzo de pesca es moderado la mortalidad natural es alta y a que la anchoveta tiene un período de vida muy corto, los resultados de los experimentos han sido, hasta ahora, poco satisfactorios. Hasta que este programa se vea coronado por el éxito, tendremos que seguir estudiando las diferencias de las poblaciones de anchovetas mediante el método indirecto de las comparaciones morfológicas.

MATERIAL

A partir del año de 1951 la Comisión ha venido obteniendo muestras de anchovetas de las pescas de carnada efectuadas por la flota atunera de California. Los barcos pesqueros han sido dotados con latas en las que congelan las muestras. Una vez que el barco llega el puerto de origen, estas muestras son recogidas por los representantes de la Comisión, y se seleccionan al azar unos 100 ejemplares que son preservados en formalina al 10 por ciento. Todas las colecciones que se han usado en este estudio han estado sujetas al mismo procedimiento y manejo, con excepción de las muestras de anchovetas del Golfo de Nicoya y de San Felipe.

En total se estudiaron 753 ejemplares provenientes de 32 capturas en 10 localidades diferentes (Tabla I). Las localidades fueron: Bahía Almejas, San Felipe, Bahía de Guaymas, Punta Ahome, Bahía Banderas y Golfo de Tehuantepec en aguas mexicanas; el Golfo de Nicoya en Costa Rica; Bahía Montijo y el Golfo de Panamá en aguas panameñas y Punta Soldado en Colombia (Figura 1).

Puesto que la abundancia de atunes varía de una época a otra, los pescadores tienden a congregarse en ciertas localidades durante determinadas épocas del año en las que la experiencia les ha enseñado que ahí se produce la mejor pesca (Shimada y Schaefer, 1956). Para la flota de barcos carnaderos de California la clave de una buena pesca es la carnada viva. Debido a que se requiere mucho tiempo y esfuerzo para adquirir y mantener la carnada en buenas condiciones, ésta se captura lo más cerca posible del área de pesca del atún. Esto significa que varias de las localidades son visitadas solamente durante ciertas épocas del año. Además, en algunos casos ciertas regulaciones locales han ocasionado vedas parciales o totales en las áreas de pesca de carnada, lo que naturalmente dificulta muchísimo la obtención de muestras periódicas y constantes.

A todo esto se debió que los ejemplares de San Felipe y Nicoya no proviniesen de la flota atunera, como los demás, durante los años seleccionados para este estudio sino que fuesen obtenidos por el personal de la Comisión y preservados directamente en formol, sin haber sido sometidos a un congelamiento previo.

En vista de esto, se investigó la posibilidad de que la congelación altere las proporciones del cuerpo, introduciendo diferencias entre los ejemplares capturados en las dos localidades citadas, y los de las ocho restantes. Para determinar si realmente existió una causa de variación debida a diferencias en los métodos de preservación y manejo, una muestra del Golfo de Panamá se dividió al azar en dos submuestras de 50 ejemplares cada una. Las anchovetas de una de estas dos submuestras fueron congeladas inmediatamente después de su captura y mantenidas en congelación durante 46 días; una vez descongeladas, fueron preservadas en formol durante 6 días y luego medidas. La otra submuestra fué preservada directamente en formol durante 50 días y luego medida. Se usó el análisis de covariancia (Kendall, 1946) para estudiar las relaciones entre la altura del cuerpo y la longitud standard, entre la longitud cefálica y la longitud standard, y entre el diámetro ocular y la longitud cefálica, en ambas submuestras. Las proporciones de la variancia calculadas en la Tabla 2 demuestran que las líneas de regresión de la longitud cefálica y la altura del cuerpo con respecto a la longitud standard no son significativamente* diferentes en ambas submuestras. Por lo tanto, podemos aceptar la hipótesis de que el método de preservación y manejo no afectó esos caracteres morfométricos. En cambio, al comparar las líneas de regresión del diámetro ocular en la longitud cefálica, se puede ver que las gradientes de las líneas de regresión correspondientes a cada submuestra son significativamente diferentes y que por lo tanto hay que rechazar la hipótesis de que pertenecen a la misma población. Nuestro experimento indica que la congelación causa una reducción sistemática en el tamaño del ojo, con respecto a la longitud cefálica.

La altura del cuerpo y la longitud cefálica, con respecto a la longitud standard, pueden usarse sin temor para comparar las anchovetas de San Felipe y Nicoya con los ejemplares de las otras localidades. El diámetro ocular tiene que usarse con más reservas.

* En este trabajo, a menos que se indique lo contrario, se ha considerado la probabilidad de una oportunidad en cien como el valor máximo para admitir una conclusión significativa.

Todos los ejemplares examinados en este trabajo midieron entre 100 y 130 mm. de longitud standard. Esta limitación, con respecto a los tamaños de los ejemplares a examinar, se basó en el estudio de Howard y Landa (1958), que parece indicar que las anchovetas del Golfo de Panamá alcanzan de 130 a 140 mm. de longitud standard en su primer año de vida. En consecuencia, los ejemplares examinados en nuestro estudio tenían probablemente un año de edad o menos y estaban incluidos en un solo grupo de edades. Se escogió una amplitud de variación de 30 mm. de longitud standard para comparar las proporciones de los caracteres morfológicos de los ejemplares de las distintas localidades, con objeto de hacer las longitudes medias y los márgenes de variación en las distintas áreas, similares entre sí.

Debido a los movimientos de la flota atunera y a la variable disponibilidad que presentan los peces para su captura en el curso del año, no se obtuvieron muestras, en todas las localidades y durante el mismo año, de ejemplares con las longitudes requeridas. En las localidades "norteñas" (San Felipe, Guaymas, Banderas, Ahome y Tehuantepec) se emplearon anchovetas obtenidas en 1956. En las localidades "sureñas" (Nicoya, Montijo, Panamá y Colombia) lo mismo que en Bahía Almejas, área norteña, se usaron ejemplares obtenidos en 1955. Aprovechando que de Panamá y Ahome teníamos muestras representativas tanto del año de 1955 como de 1956, se efectuó una comparación entre ejemplares capturados en ambos años, considerando el número de radios de la aleta anal, el número de vértebras y la longitud cefálica con respecto a la longitud standard. Ninguno de estos tres caracteres varió significativamente en las muestras capturadas en los dos años, por lo que asumimos que las dos clases anuales pueden ser usadas sin reserva para comparar diferencias entre las diversas localidades seleccionadas.

Todas estas limitaciones en los ejemplares que podían ser usados en cada muestra, explican las discrepancias entre el número de anchovetas examinadas en cada localidad (Figura 2). Puesto que Howard (1954) no encontró diferencias significativas entre las distintas submuestras dentro de una misma muestra, nosotros no nos molestamos en seleccionar un número determinado de ejemplares en cada una de las submuestras de una localidad. En vez de ésto, tratamos de examinar muestras compuestas de 100 anchovetas de una misma localidad y clase de tamaño. En algunos casos, por las razones apuntadas anteriormente, en algunas colecciones no fué posible la selección de 100 ejemplares.

En la Figura 2 se puede ver que, con excepción de la muestra de Tehuantepec, constituida por unos pocos ejemplares de tamaños grandes, del resto de las localidades poseíamos muestras representativas de la amplitud de tamaños seleccionada.

CARACTERES SELECCIONADOS Y METODOS EMPLEADOS

En este trabajo se usaron los siguientes caracteres:

Caracteres numéricos

Número de radios en la aleta anal

Número de escamas en una serie longitudinal

Número de vértebras

Número de branquispinas en el primer arco branquial

Caracteres morfométricos

Longitud cefálica

Altura del cuerpo

Diámetro ocular

En la anchoveta, al igual que en muchos otros peces, el último radio o los dos últimos de la aleta anal se bifurcan cerca de la base. Todos nuestros cálculos se hicieron siguiendo las recomendaciones de Hubbs y Lagler (1949, p. 10) y contando los dos últimos radios como uno. Para mayor exactitud, todos los conteos se repitieron usando el microscopio binocular. Levantando con un bisturí las hileras de escamas que cubren la aleta anal se puede descubrir un primer radio que generalmente está insertado en los tejidos. Este radio fue incluido siempre en nuestras cifras. Howard (1954, p. 9) contó todos los radios, por pequeños que fuesen, que podían ser localizados sin disección, y por lo tanto sus cálculos resultan con un radio menos que los nuestros. Para comparar ambos resultados (Figura 5) hemos añadido un radio a las cifras de Howard.

Las anchovetas no poseen línea lateral y las escamas son generalmente pequeñas y caedizas. El número de escamas en una serie longitudinal se contó a partir de la situada detrás del ángulo superior del opérculo y hasta las escamas situadas por encima del pliegue hipúrico del pedúnculo caudal. Las cuentas fueron efectuadas en dos ocasiones, bajo el microscopio binocular y siguiendo siempre la hilera que se extiende sobre la línea media del cuerpo. En todas las ocasiones se excluyeron las escamas que se extienden sobre la aleta caudal más allá del pliegue hipúrico.

La vértebras contadas a base de radio grafías obtenidas con Rayos X. Se siguieron las técnicas de Clothier (1950), contándose el número total de segmentos, inclusive el atlas y el urostilo. Las vértebras fueron también contadas en dos ocasiones.

Con objeto de contar con exactitud las numerosas y frágiles branquiaspinas de la anchoveta, se separó totalmente el primer arco branquial del lado derecho de cada individuo, montándolo luego sobre un cartón grueso y separando las ramas inferior y superior mediante alfileres ensartados en las puntas. Esta técnica recomendada por Howard, aumenta notablemente la exactitud y rapidez del conteo, y permite registrar por separado el número de branquiaspinas en cada una de las dos ramas. Sumando estas dos figuras, se obtiene el número total de branquiaspinas en el primer arco branquial.

La longitud standard se tomó como la distancia entre la punta del hocico y el final de la placa hipúrica del pedúnculo caudal. Esta medida sirvió para relacionar los caracteres numéricos y las proporciones del cuerpo con la longitud de los diversos ejemplares usados. La longitud cefálica se tomó desde la punta del hocico hasta el borde posterior de la membrana opercular. La altura del cuerpo se midió en una línea vertical perpendicular a la línea dorsal y a la altura de la inserción de las aletas pélvicas. El diámetro ocular se midió horizontalmente y tomando en todos los casos la anchura del iris del ojo izquierdo. Ocasionalmente la membrana adiposa era tan gruesa, que dificultó la clara delimitación del iris del ojo izquierdo, en cuyo caso se

trató de medir el del ojo derecho. La medida fué tomada bajo el microscopio binocular y con una regla especialmente graduada para poder registrar hasta décimas de milímetro.

Todas las medidas fueron registradas en milímetros y tomadas con la misma regla graduada y con el mismo compás. A excepción de las branquispinas, todas las demás medidas y los caracteres numéricos fueron hechos y observados en el flanco izquierdos de los ejemplares. Todos los cálculos fueron hechos por el autor, a excepción de las branquispinas de las anchovetas de Colombia, Ahome y Panamá, que fueron contadas por el Sr. Clifford L. Peterson, científico de la Comisión. Fué fácil comprobar que, con las mismas técnicas de estudio, las diferencias entre sus figuras y las nuestras no fueron significativas, siendo posible emplear sus cuentas de branquispinas sin necesidad de repetirlas.

DIMORFISMO SEXUAL

Howard (1954) demostró que, en la anchoveta, los cálculos de los más importantes caracteres numéricos no varían con el sexo.

Para averiguar si ésto mismo es aplicable a los caracteres morfométricos escogidos por nosotros, es decir, para saber si las diferencias entre ciertas medidas de machos y hembras no son mayores que las probables diferencias que en las mismas medidas presenten los ejemplares de localidades distintas. Se examinó una muestra de 50 hembras y 50 machos provenientes de la Bahía de Guaymas, demostrando que el índice promedio de longitud cefálica con respecto a la longitud standard en los machos fué de 2.72 ± 0.018 , y de 2.70 ± 0.019 en las hembras; la altura del cuerpo con respecto a la longitud standard dió un índice promedio de 3.78 ± 0.042 para los machos y de 3.76 ± 0.060 para las hembras; el diámetro ocular en relación a la longitud cefálica dió índices promedios de 5.52 ± 0.074 y 5.54 ± 0.10 , respectivamente. Estas diferencias no son significativas, lo que indica que en los ejemplares de Guaymas estos tres índices no varían con el sexo, y hemos supuesto que lo mismo ocurre en las anchovetas de las demás áreas estudiadas y no se han referido según su sexo.

RESULTADOS

Caracteres numéricos

Número de radios en la aleta anal

En la Tabla 3 hemos presentado la distribución de frecuencias de los radios de la aleta anal en los 753 ejemplares estudiados en las diez localidades seleccionadas. La amplitud de variación fué de 20 a 26 radios, con el 75 por ciento de los ejemplares comprendidos entre 22 y 23 radios. En la Figura 3 se ha empleado la modificación de Hubbs y Hubbs (1953) al método de Dice y Leraas (1936) para la representación gráfica de la variación en series de muestras.

El método de Hubbs y Hubbs se ha usado a lo largo de este trabajo para representar gráficamente la variación encontrada en los caracteres seleccionados. En este método gráfico, la amplitud de variación se representa mediante una línea sólida

horizontal; la media está indicada por un angosto triángulo vertical; un rectángulo vacío representa una desviación standard (σ) a cada lado de la media, y un rectángulo lleno representa dos veces el error standard a cada lado de la media ($2\sigma_m$).

En la Figura 3 se puede ver que el número promedio de radios de la aleta anal varía considerablemente en las diez localidades estudiadas, lo que indica que las muestras probablemente provienen de más de una población. Para determinar las diferencias geográficas que pueden existir entre estas localidades, se compararon cada una de las muestras con todas las demás, mediante el método *t*. Los resultados han sido presentados en la Tabla 4, en donde se puede ver que con respecto al número de radios de la aleta anal es difícil separar las localidades en grupos de población bien definidos. En general las anchovetas de Panamá tienen mayor número de radios y son significativamente diferentes de los ejemplares de San Felipe, Guaymas, Ahome, Banderas y Nicoya. Sin embargo, comparadas con los ejemplares de localidades intermedias como Almejas, Tehuantepec, Montijo y Colombia, las diferencias resultantes no son significativas. Con este carácter las anchovetas de Almejas difieren significativamente de las de Ahome, pero no de las demás localidades.

Para ver si las diferencias de importancia entre el número de radios de la aleta anal persisten de un año a otro, nuestras cifras fueron comparadas con las obtenidas por Howard (1954, p. 12). Comparaciones fueron hechas con ejemplares de cuatro localidades: Bahía Almejas, Guaymas, Ahome y Panamá (Figura 5). En Almejas ($t = 2.21$, $P > 0.01$), Ahome ($t = 0.73$, $P > 0.01$) y Panamá ($t = 2.09$, $P > 0.01$) las diferencias entre las figuras de Howard y las nuestras fueron insignificantes, mientras que en los ejemplares de Guaymas ($t = 2.78$, $P < 0.01$) las diferencias fueron estadísticamente significativas en el número de radios de la aleta anal.

En general las diferencias entre localidades que Howard encontró significativas en 1954 han sido confirmadas por nosotros. Las excepciones fueron los ejemplares de Guaymas y los de Almejas. Cuando Howard comparó anchovetas de Guaymas con anchovetas de Almejas, encontró diferencias significativas. Al hacer nosotros la misma comparación, las diferencias fueron estadísticamente insignificantes. En las anchovetas de Almejas, Howard encontró que, con respecto al promedio en los radios de la aleta anal, no difieren significativamente de las de Panamá y Guayaquil, pero que son diferentes de las de Guaymas, Ahome y Fonseca, que son localidades intermedias. Considerando la situación geográfica de estas localidades llegó a la conclusión de que, con este carácter, los ejemplares de Almejas pueden ser agrupados en una población independiente. En nuestro estudio, por el contrario, los ejemplares de Almejas no difieren significativamente de los de las otras localidades estudiadas, a excepción de los de Ahome.

La Figura 3 sugiere que la variación es aproximadamente de una naturaleza "clinal," siendo los ejemplares nortños los que presentan menos radios en la aleta anal que los sureños. Con este criterio, las localidades de San Felipe, Almejas, Guaymas, Ahome y Banderas podrían ser agrupadas en un mismo "grupo faunístico" nortño, caracterizado por tener en promedio menos radios en la aleta anal. Las anchovetas de las localidades sureñas (Nicoya, Montijo, el Golfo de Panamá y Colombia) se agruparían en otro grupo que en promedio posee más radios en la aleta anal.

Estadísticamente, estos dos grupos arbitrarios son significativamente diferentes ($t = 3.94$; para 720 grados de libertad, $P < 0.01$).

La posibilidad de que esta variación pudiese ser atribuida a la temperatura media del agua en vez de a la latitud, ha sido ya estudiada por Howard con resultados negativos. La variación de los radios de la aleta anal no está relacionada con la latitud, esto es, no existe ninguna gradiente a lo largo de la costa. Aún más, según acabamos de ver, las cuentas pueden variar significativamente de un año a otro en una misma localidad, por lo que este carácter debe ser usado con precaución al tratar de identificar razas de anchovetas.

Número de escamas en una serie longitudinal

En la Tabla 5 se presenta la distribución de frecuencias de las escamas en una serie longitudinal en los ejemplares de las diversas localidades. La variancia alrededor de la media es alta. Las distribuciones variaron desde 30 hasta 42 y los valores modales de 37 a 38 escamas.

Para comprobar si las variaciones entre las medias obtenidas en las diversas localidades eran significativas, cada una de dichas medias fué comparada con todas las demás, mediante el método *t*. Los resultados tabulados en la Tabla 6 indican que, con excepción de los ejemplares de San Felipe, no es posible hacer separaciones claras de grupos de localidades. En relación a la latitud, esta variación no indica la existencia de gradientes bien definidos (Figura 3).

Las anchovetas de San Felipe tienen en promedio menos escamas en una serie longitudinal. Las anchovetas en las otras nueve áreas probablemente se podrían agrupar en más de una población homogénea, pero el hacerlo se complica porque las anchovetas de Banderas y Panamá presentan cuentas de escamas que son intermedias entre los otros grupos. Excluyendo estas dos localidades, podríamos quizás separar tres grupos de población entre México y Colombia: (1) San Felipe, (2) Almejas-Guaymas-Nicoya-Colombia (3) Ahome-Tehuantepec-Montijo.

Al agrupar las anchovetas (exceptuando las de San Felipe, que son fácilmente diferenciables de las demás) en las dos "regiones faunísticas" mencionadas anteriormente, los ejemplares del norte no varían de los del sur (Tabla 5).

Número de vértebras

El número de vértebras en los ejemplares de las diversas localidades ha sido tabulado en la Tabla 7. La amplitud de variación fué de 39 a 43 vértebras con aproximadamente el 95 por ciento de las anchovetas estudiadas poseyendo 41 a 42 vértebras.

Puesto que Howard (*loc. cit.*) ha demostrado que las cuentas vertebrales en esta especie no varían significativamente con el sexo o con el tamaño del ejemplar, fué posible incluir algunos ejemplares que habían sido descartados en los estudios de otros caracteres numéricos y morfológicos porque medían más de 130 mm. de longitud standard.

La comparación gráfica mediante el método de Hubbs y Hubbs (Figura 4) sugiere que las anchovetas de las diez localidades están compuestas por más de una población. Al comparar los valores vertebrales medios de cada localidad con los de todas las demás (Tabla 8) llegamos a la conclusión de que podemos aceptar, por lo menos, dos grupos identificables de poblaciones a lo largo de la costa entre México y Colombia, que son: (1) Bahía Almejas, (2) todas las demás localidades.

Las anchovetas de Almejas presentan fórmulas vertebrales más altas que las de las demás regiones. Las de San Felipe difieren significativamente de las de Almejas, Montijo y Panamá, pero no de las de localidades intermedias.

Los valores vertebrales obtenidos no sugieren la existencia de "regiones faunísticas" norte y sur (Tabla 7).

En términos generales, estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Howard en 1954. Las anchovetas de Almejas parecen tener diferencias constantes con las de las demás localidades, en cuanto al número de vértebras.

Al igual que con los radios de la aleta anal, se comparó el número de vértebras obtenido por nosotros en cuatro de las localidades estudiadas, con los valores obtenidos por Howard en las mismas áreas (Figura 5). En las anchovetas de Bahía Almejas se encontró una diferencia significativa ($t = 2.83$; $P < 0.01$) entre los ejemplares de la clase anual de 1952 y los de la clase 1955; en las de Guaymas ($t = 1.17$; $P > 0.01$) y Ahome ($t = 1.03$; $P > 0.01$) las diferencias entre las clases anuales de 1951 y las de 1956 no fueron significativas; en los ejemplares de Panamá, las cuentas vertebrales en 1951 y en 1955 fueron exactamente las mismas.

Como las muestras de una localidad específica no son siempre obtenidas del mismo lugar exactamente y, puesto que se sabe que el medio ambiente, y en particular la temperatura, influye notablemente en el número de vértebras, es probable que de un año a otro se produzcan pequeñas diferencias entre las muestras de una misma localidad. A lo largo de una serie de años, esta ligera pero constante variación puede ser responsable de las diferencias significativas entre los ejemplares de un mismo lugar. Quizás ésta sea la explicación de las diferencias encontradas por nosotros en el número de vértebras de las anchovetas de Almejas entre el año 1952 y el año 1955, aunque no podemos saber si estas diferencias estadísticamente significativas corresponden a diferencias genéticas.

Número de branquispinas

En la Figura 3 podemos ver que existe una relación íntima entre el número total de branquispinas en el primer arco branquial del lado derecho del pez y el número de branquispinas en la rama inferior del primer arco. Puesto que la variancia, dentro de una misma muestra, fué bastante menor en los cálculos de branquispinas en la rama inferior, decidimos emplear éstos para la comparación entre distintas localidades.

La distribución de frecuencias en el número de branquispinas (Tabla 9) indica un margen de variación muy amplio. Parte de la variación es debida a que las

branquispinas aumentan en número conforme aumenta el tamaño del ejemplar (ver más adelante). El margen fué entre 55 y 70 branquispinas, con variaciones de los valores modales entre las localidades comparadas.

La comparación gráfica de las muestras (Figura 3) y los valores de t resultantes al confrontar los valores promedios en cada localidad con los de todas las demás (Tabla 10) demuestran que con respecto al número de branquispinas podemos diferenciar dos grupos de población: (1) San Felipe-Nicoya-Montijo; (2) Almejas-Guaymas-Ahome-Banderas-Tehuantepec-Panamá-Colombia.

Aunque los ejemplares de San Felipe no son significativamente diferentes de los de Nicoya y Montijo, sí lo son con respecto a los de las localidades intermedias como Almejas, Guaymas, Ahome, Banderas y Tehuantepec, y los de Panamá y Colombia. Considerando simplemente su situación geográfica, podríamos separar los ejemplares de San Felipe con un grupo de población independiente del de Nicoya-Montijo. Con este mismo razonamiento, las anchovetas de Panamá y Colombia podrían agruparse en un grupo de población diferente al de Guaymas-Ahome-Banderas-Tehuantepec.

Separando las localidades en las dos "regiones faunísticas" descritas anteriormente, y comparando las diferencias observadas en los cómputos de branquispinas obtenemos un valor de t de 7.86, asociado con una probabilidad de ocurrencia al azar de menos de 0.01. Esta diferencia es altamente significativa (Tabla 10).

En la anchoveta el número de branquispinas aumenta con la longitud del ejemplar. Aunque en este estudio se utilizaron solamente ejemplares entre 100 y 130 mm. de longitud standard, se pensó en la posibilidad de que diferentes distribuciones de tamaños pudiesen haber afectado, conduciendo a erróneas conclusiones, las comparaciones de las medias de las localidades con el empleo del método t . En vista de eso, se ha comparado también las líneas de regresión de las branquispinas con relación a la longitud standard. Puesto que la relación entre el número de branquispinas y la longitud, no es rectilínea, y no se puede transformar fácilmente, se utilizó el método empleado por Howard (1954), consistente en adaptar una curva empírica a la totalidad de los datos. Las desviaciones respecto de esta curva fueron usadas entonces para comparar las diez localidades.

Los 753 ejemplares que medían entre 101 a 130 mm. de longitud standard, fueron agrupados en varias clases de tamaños a intervalos de 5 mm. de longitud. Para cada clase de tamaños así se calculó la longitud media y el número promedio de branquispinas del primer arco branquial. Estos valores fueron graficados en papel milimétrico, y la línea hipotética de regresión que unía estos puntos fué redondeada o ojo para hacerla simétrica (Figura 6).

De igual modo, en cada una de las diez localidades, la relación entre el número de branquispinas y la longitud de los ejemplares se obtuvo al graficar los valores medios de estas dos variables resultantes en las clases de tamaños obtenidos al agrupar los ejemplares bajo intervalos de clase de 10 mm. de longitud standard. En las localidades individuales no se pudo usar el intervalo de 5 mm. porque en ciertas muestras las clases de longitudes extremas agrupaban muy pocos ejemplares. Estos

valores medios así obtenidos tendían a confundir la figura, ya que las líneas de regresión de las localidades resultaban demasiado asimétricas. Aún con los intervalos de 10 mm., algunas de las clases extremas comprendían un solo individuo. En la Figura 6 el número de ejemplares en los que se basó cada promedio, está anotado junto a dicho punto. La pequeña muestra de anchovetas de Tehuantepec agrupó ejemplares grandes de los que todos, menos uno, cayeron dentro de una misma clase de tamaños; por lo tanto, no pudieron ser representados por una línea en la figura.

Comparando las líneas resultantes en cada localidad con la curva hipotética, es fácil ver que las diez localidades agrupan más de una población. Los ejemplares de San Felipe, Nicoya y Montijo están situados por debajo de la curva hipotética; los de Colombia y Almejas caen cerca de la curva y los de Ahome, Banderas, Panamá y Guaymas están muy por encima. Estos resultados corroboran los obtenidos previamente, de que las anchovetas de San Felipe, Nicoya y Montijo tienen en promedio menos branquispinas, mientras que las de Ahome y Banderas tienen un número mayor que las otras localidades. Este método indica nuevamente que no existe una gradiente de variación con respecto a la latitud y que las cuentas de branquispinas de áreas cercanas no son necesariamente similares.

Tomando en consideración la longitud variable de los peces, podemos sacar la conclusión de que, con respecto a las branquispinas, las anchovetas de México a Colombia se pueden separar por lo menos en tres grupos de población: (1) San Felipe-Nicoya-Montijo, (2) Ahome-Banderas, (3) Almejas-Guaymas-Panamá-Colombia. Colombia quizá sea significativamente diferente del grupo Panamá-Guaymas-Almejas, y San Felipe del grupo Nicoya-Montijo.

Caracteres morfométricos

Los caracteres morfométricos han sido utilizados en estudios taxonómicos clásicos en forma de proporciones o índices, ésto es, el número de veces que una cierta dimensión entra en otra. En muchas especies, sin embargo, las proporciones no pueden usarse para comparar ejemplares de diferentes tamaños, puesto que existe un crecimiento diferencial en las distintas partes del cuerpo (Schaefer y Walford, 1950). Solo cuando las distintas proporciones permanecen constantes durante el crecimiento del animal, se puede usar su valor promedio para comparar ejemplares de tamaños diferentes. Si la proporción varía conforme el animal crece, es necesario entonces comparar solo ejemplares de la misma talla o comparar las regresiones de una dimensión con respecto a la otra.

En este trabajo, los tamaños fueron reducidos *a priori* a una cierta amplitud de variación, lo que *redujo* el efecto que tiene la diferencia de talla en los valores promedio de las proporciones. Como incluso en nuestra limitada amplitud de tallas pueden existir diferencias que influyan los valores promedios de las proporciones, las muestras han sido estudiadas de dos maneras: (a) mediante el método *t*, para la comparación de las medias de las proporciones, y (b), comparando las líneas de regresión de una dimensión con respecto a la otra mediante el análisis de covarianza.

Restringiendo las amplitudes de tamaños de los ejemplares a medir, las dimensiones de ciertas partes del cuerpo con respecto a otras pueden ser bien representadas mediante líneas rectas de regresión (Schaefer, 1952). En este trabajo se han usado regresiones rectilíneas para describir las relaciones entre la altura del cuerpo y la longitud standard, la longitud cefálica y la longitud standard y el diámetro ocular y la longitud cefálica. En la Tabla 17 se presentan las ecuaciones que describen estas líneas de regresión en cada área.

En las Figuras 7 a 14 se han ilustrado las relaciones entre la longitud standard y la altura del cuerpo y la longitud cefálica. Los puntos graficados en dichas figuras no representan ejemplares aislados, sino que son los valores medios de las dos variables para cada intervalo de clase de 5 mm. de longitud standard. Las Figuras 15 a 17 ilustran la relación entre el diámetro ocular y la longitud cefálica. En estas figuras los puntos nuevamente representan valores medios de las variables para intervalos de clase de 2.5 mm. de longitud cefálica.

Este método de graficar las medias de las variables obtenidas en los diversos intervalos de clase, en vez de los valores de cada ejemplar medido, tiene la ventaja de que añade gran claridad a las figuras y facilita la rápida comparación visual de los valores medios de las dimensiones que se están estudiando en cada categoría de tamaño y en cada localidad, dando una idea aproximada de las diferencias entre dichas localidades. En todas las figuras, el número adyacente a cada valor medio representa el número de ejemplares en que está basado. En todos los casos las líneas de regresión representadas en las figuras fueron calculadas a base de los individuos originales y no a base de los valores promedio de cada clase de tamaño.

Cuando solamente un espécimen quedó representado en un intervalo de clase y su valor apartado de la línea de regresión, no se hizo figurar en el gráfico. Valores como éste, sin embargo, no han sido excluidos de los cálculos.

Longitud cefálica con respecto a la longitud standard

La distribución de frecuencias y los valores promedios de la proporción de la longitud cefálica con respecto a la longitud standard en las diez localidades estudiadas, han sido agrupadas en intervalos de 0.05 y presentados en la Tabla 11.

Mediante la comparación gráfica de muestras presentadas en la Figura 4 y los valores de t resultantes de la comparación de las medias de cada localidad (Tabla 12), podemos ver que con este caracter es posible delimitar cuatro grupos de población entre México y Colombia, a saber: (1) San Felipe-Ahome-Montijo; (2) Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec-Panamá; (3) Nicoya; (4) Colombia.

Al medir y estudiar las proporciones encontramos que los ejemplares de Nicoya tenían las cabezas más cortas, con relación a la longitud standard, que los de otras localidades, mientras que los de Colombia tenían las más largas.

Para determinar si algunas de las diferencias encontradas en la longitud cefálica de las muestras de las diversas localidades pudieran deberse a las diferencias en la composición de tamaños que dichas muestras presentan, se compararon las líneas de

regresión de estas variables en las diez localidades. El análisis de covariancia de la Tabla 18 indica que las diferencias entre las distintas localidades y entre sus coeficientes de regresión son altamente significativas, lo que demuestra una vez más que en lo que respecta a longitud cefálica, las anchovetas de las diferentes localidades estudiadas proviene de más de un grupo homogéneo de población.

Para estudiar las diferencias y afinidades geográficas, las líneas de regresión de ciertas localidades fueron comparadas con las de otras. Esta comparación se puede efectuar rápidamente y sin referencia a las ecuaciones de regresión; simplemente se confrontan los valores medios de las diferentes clases de tamaños resultantes al agrupar los ejemplares mediante el mismo intervalo de clase. Por ejemplo, Ahome y Nicoya (Figura 9) pueden ser comparadas rápidamente. Bajo la hipótesis de que ambas muestras provienen de la misma población homogénea, sería de esperarse que los valores medios obtenidos con los ejemplares de Ahome cayeran la mitad por debajo y la mitad por arriba de los valores obtenidos a base de la muestra de Nicoya. Por el contrario, en la Figura 9 podemos ver que en cada clase de tamaños, los valores medios calculados en los ejemplares de Ahome, caen por arriba de los valores que se calcularon a base de los ejemplares de Nicoya. Para los cinco puntos de Ahome calculados, la probabilidad de que esto sea debido solamente al azar, es de $(1/2)^5$, es decir, una oportunidad en 32, lo que es poco probable.

En los casos en los que las comparaciones de los valores medios de las distintas clases de tamaños no pudieron hacerse a simple vista, las líneas fueron comparados por medio del análisis de covariancia (Tabla 19). En todos los casos se probó la hipótesis de que: a) al comparar una localidad con otra, los datos de ambas podían ser representados por una sola ecuación de regresión lineal, y en caso de que este fuese falso, b) si la diferencia es debida a diferencias en el coeficiente de regresión ó en el nivel de las líneas.

Con las razones de variancia calculadas en la Tabla 19, podemos aceptar que los ejemplares de los pares de localidades Panamá-Nicoya, Panamá-Montijo, Panamá-Banderas y Almejas-Ahome, difieren significativamente y que estas diferencias están asociadas totalmente con las tendencias de las líneas de regresión en vez de con sus niveles.

En los ejemplares de Guaymas y Almejas la variancia atribuida a diferencias entre las dos áreas comparada con la resultante de las desviaciones de las líneas de regresión "dentro de una misma localidad," producen una razón de variancia de 1.02 con 2 y 196 grados de libertad, lo que indica que las diferencias no son significativas.

Comparando los cuadros medios resultantes de las diferencias entre los individuos de Guaymas y los de Ahome con la estimación de la variancia resultante de las desviaciones de las líneas de regresión en cada una de esas localidades, se obtuvo una proporción de variancia de 20.95 con 2 y 196 grados de libertad, lo que corresponde a una probabilidad de menos de 0.01. Se puede concluir que las diferencias entre los ejemplares de Guaymas y Ahome son reales. En las otras proporciones de la variancia, calculadas en la Tabla 19, se puede ver que estas diferencias son debidas a los niveles de las líneas de regresión más que a sus gradientes.

Es interesante notar que reduciendo la amplitud de los tamaños de los ejemplares a medirse, los resultados obtenidos por los dos métodos empleados para la comparación de las series de muestras son muy similares (Tabla 22). Las anchovetas de Panamá fueron la excepción. Tanto con el método *t* como con el análisis de covariancia los peces de Nicoya, comparados con los de otras localidades se encontraron con longitudes cefálicas más cortas, en promedio, mientras que los de Colombia tuvieron también, en promedio, longitudes cefálicas más largas. Con ambos métodos, los ejemplares de Montijo, Ahome y San Felipe resultaron similares, mientras que los de Almejas, Guaymas, Banderas y Tehuantepec formaron otro grupo diferente. Al comparar el valor promedio del índice de longitud cefálica en relación a la longitud standard en los peces de Panamá, con los del grupo Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec, mediante el método *t*, las diferencias no fueron significativas. Sin embargo, al comparar las líneas de regresión, las diferencias entre estos grupos fueron significativas y debidas a las gradientes de las líneas de regresión más que a sus niveles.

Podemos sacar la conclusión de que mediante diferencias en la longitud cefálica se pueden separar las siguientes poblaciones entre México y Colombia: (1) San Felipe-Ahome-Montijo; (2) Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec; (3) Nicoya; (4) Colombia; (5) Panamá.

Altura del cuerpo con relación a la longitud standard

En la Tabla 13 hemos presentado la distribución de frecuencias y el valor promedio de la proporción "altura del cuerpo con relación a la longitud standard," agrupadas con intervalos de clase de 0.1.

La comparación gráfica (Figura 4), y los valores de *t* para las diversas localidades, indican diferencias significativas y permiten identificar los siguientes grupos de población: (1) San Felipe-Almejas-Ahome-Banderas-Colombia; (2) Guaymas; (3) Tehuantepec-Nicoya-Panamá; (4) Montijo.

Los peces de Guaymas quizás puedan ser considerados una población diferente de la de Almejas-Ahome-Banderas, aunque la magnitud de esta diferencia es pequeña comparada con la que existe entre los ejemplares de Guaymas y los de los otros tres grupos de población.

Mediante el análisis de covariancia se estudió el efecto que las diferencias en el tamaño de los ejemplares introduce en la variación de la altura del cuerpo. Las proporciones de la variancia calculadas en las distintas localidades han sido presentadas en la Tabla 18 y demuestran que las diferencias son muy significativas.

Las Figuras 11 a 14 representan las líneas de regresión correspondientes a las diversas localidades estudiadas. Una simple inspección de los valores medios obtenidos en las diversas clases de tamaño de las diez muestras, nos indica que la probabilidad de que algunas de ellas pertenezcan a la misma población, es muy pequeña.

En varios casos en los que esta comparación de las medias no era recomendable, se usaron las ecuaciones de regresión y el análisis de covariancia (Tabla 20). Al comparar Ahome con Banderas, Guaymas con Colombia, y Colombia con Almejas,

las diferencias no fueron significativas. Por el contrario, los ejemplares de Guaymas y Ahome difieren significativamente y al igual que en los ejemplares de Panamá y Nicoya, las diferencias entre estos pares de localidades es debida enteramente a diferencias en las gradientes de las líneas de regresión.

Al comparar las anchovetas de Guaymas con las de Almejas, se puede ver que aunque las gradientes de las líneas de regresión son similares, hay una diferencia significativa entre las dos localidades, y que ésta es atribuible a diferencias en los niveles de las líneas de regresión. Lo mismo sucede al comparar las anchovetas de Panamá con las de Colombia.

En general, dentro del margen de tamaños seleccionados, podemos ver que la proporción en el aumento de la altura del cuerpo varía un poco entre ciertas localidades.

Nuevamente los resultados obtenidos mediante el método *t* y el análisis de covariancia son muy similares (Tabla 22), y nuevamente la excepción la constituyó la muestra de Panamá. Comparada con la de Nicoya mediante el método *t*, las diferencias no son significativas, pero al hacer la comparación mediante el análisis de covariancia, las diferencias son altamente significativas y atribuibles exclusivamente a las diferencias en las gradientes de ambas líneas de regresión.

Podemos llegar a la conclusión de que entre México y Colombia, de acuerdo con las proporciones relacionadas con la altura del cuerpo, hemos de distinguir los siguientes grupos de población: (1) San Felipe-Almejas-Ahome-Banderas-Colombia; (2) Guaymas; (3) Panamá; (4) Nicoya-Tehuantepec; (5) Montijo.

Diámetro ocular en relación con la longitud cefálica

En la Tabla 15 se presentan las distribuciones de frecuencias, medias y desviaciones standard del índice diámetro ocular en relación a la longitud cefálica, para cada una de las diez localidades estudiadas. Al comparar estos índices entre sí, (Figura 4 y Tabla 16), se observan diferencias significativas que permiten separar los siguientes grupos de población: (1) Ahome-Banderas; (2) Tehuantepec; (3) Guaymas; (4) Almejas-Panamá-Colombia; (5) Nicoya; (6) San Felipe-Montijo. De todos estos grupos, los ejemplares de Ahome-Banderas tienen el diámetro ocular más pequeño, mientras que los de San Felipe-Montijo presentan el más grande.

Hemos mencionado anteriormente que la congelación parece que produce un encogimiento del diámetro ocular con relación a la longitud cefálica, en comparación con los ejemplares preservados directamente en formalina. A pesar de que los pescados de San Felipe y Nicoya fueron los únicos preservados sin congelación previa, tenían un diámetro ocular mayor que los de las otras localidades. Las diferencias significativas que se presentan en el tamaño del ojo dentro las distintas poblaciones son, por lo tanto, independientes de las diferencias atribuibles al método de preservación.

Al comparar las líneas de regresión de las diez localidades mediante el análisis de covariancia (Tabla 18) podemos ver que las diferencias son altamente significativas, indicando nuevamente que las muestras provienen de más de una población.

Para determinar las diferencias y afinidades geográficas entre los grupos se compararon las líneas de regresión de algunas de ellas, San Felipe, comparado con Guaymas, Guaymas con Almejas, y Nicoya con Colombia, presentan índices de variancia que indican que las localidades y los coeficientes de regresión son significativamente diferentes (Tabla 21). Los ejemplares de Nicoya y Montijo son también significativamente diferentes, pero en este caso la diferencia es atribuible a los niveles de las líneas de regresión y no a las gradientes. Al comparar los ejemplares de Almejas con los de Panamá y los de Ahome con los de Banderas, las diferencias no son significativas.

Otras localidades como por ejemplo Panamá y Banderas, Almejas y Tehuantepec etc. (Figura 15), no requieren análisis complicados para demostrar que las muestras no pertenecen a la misma población.

En el margen de tamaños considerados, las gradientes de las líneas de regresión del diámetro ocular en relación con la longitud cefálica, son bastante similares en las diez localidades, con excepción de Guaymas y Colombia. En los ejemplares de Colombia, las longitudes cefálicas son en promedio mayores que en las otras localidades (Figura 7) y el diámetro ocular parece que no varía notablemente conforme crece la cabeza.

Nuevamente al comparar las líneas de regresión se obtuvieron resultados muy parecidos a los obtenidos cuando usamos el método *t* para comparar los índices promedios. A base de las líneas de regresión obtenemos, sin embargo, información adicional con respecto a la magnitud de dichas diferencias. Tomando en cuenta dichas magnitudes quizás podamos reducir los grupos de población a los cuatro siguientes: (1) Ahome-Banderas-Tehuantepec; (2) Guaymas; (3) Almejas-Panamá-Colombia; (4) San Felipe-Nicoya-Montijo.

LA POBLACION DEL GOLFO DE NICOYA

Durante varios años antes de 1948, el Golfo de Nicoya constituía una importante área de carnada por la abundancia de la anchoveta. En el otoño de 1947, coincidiendo con una gran floración de "agua roja," la población de anchoveta empezó a declinar bruscamente (Peterson, 1956).

En febrero de 1952, cuando la Comisión empezó sus estudios en Costa Rica, se prestó atención principal al problema de ver si en el Golfo de Nicoya existían aún anchovetas. El trabajo intensivo en relación a este problema se prolongó durante más de un año. Desde febrero de 1952 hasta octubre de 1953 se efectuaron los siguientes muestreos: 51 con red de playa, 37 con red de arrastre, 1 con red de carnada y 2 con dinamita en la parte interior del Golfo, y 50 con red de playa, 19 con red de arrastre, 2 con rotenona y 2 con dinamita en la parte exterior del Golfo. Toda esta gama de artes de pesca y muestreos intensivos no produjeron *un solo* ejemplar de anchoveta (Peterson, 1956, Tabla 2). Otras muchas especies de engráulidos relacionados con la anchoveta fueron capturados en cantidades considerables. Se creyó por lo tanto, con razonable certeza, que esta especie había desaparecido por completo del Golfo de Nicoya.

En octubre de 1953, en un esfuerzo para restablecer esta localidad como área de carnada para la pesca del atún, la Comisión transplantó aproximadamente medio millón de anchovetas adultas sexualmente maduras, provenientes del Golfo de Panamá. En el año de 1954, aunque los resultados de este experimento no eran totalmente seguros, se había logrado restablecer una pequeña población de anchovetas en el Golfo de Nicoya.

Al comparar en nuestro estudio las anchovetas de Nicoya con las de Panamá, se encontraron diferencias significativas entre ambas localidades en lo que respecta al número de radios en la aleta anal, número de branquiaspinas, longitud cefálica, altura del cuerpo y diámetro ocular (Figuras 3, 4, 6, 8, 10, 15). Los ejemplares de Nicoya tenían menos radios en la anal, considerablemente menor número de branquiaspinas, la cabeza más pequeña, una mayor velocidad de incremento de la altura del cuerpo en relación a la longitud standard y los ojos más grandes que las del Golfo de Panamá.

Si se acepta la teoría de que la población nativa de Nicoya había desaparecido completamente antes del transplante de las anchovetas de Panamá los ejemplares que hemos comparado en estas dos localidades tienen que ser, en esencia, del mismo "stock" y deben poseer el mismo genotipo. Las diferencias significativas encontradas entre las dos muestras de 1955 indican que en el transcurso de solamente dos años, las variaciones en el medio ambiente han producido suficientes cambios fenotípicos como para que se reflejen en las comparaciones biométricas.

Otra posibilidad es que las muestras de ejemplares de Nicoya obtenidas en 1955 provengan en realidad de vestigios de la población nativa. Si ésto fuera cierto, las diferencias significativas encontradas entre las muestras de Panamá y Nicoya corresponden probablemente a diferencias genotípicas.

Existe una tercera posibilidad, y es que los ejemplares obtenidos en Nicoya hayan llegado allí después de 1953, mediante inmigraciones desde otras áreas diferentes a las estudiadas en este trabajo. Aunque, nuestro conocimiento de los hábitos de la anchoveta sugiere que esta especie no efectúa migraciones muy extensas (Schaefer, 1954; Howard, 1954), esta posibilidad no puede ser ignorado totalmente.

Sería sumamente interesante comparar ejemplares de generaciones futuras en ambas localidades hasta lograr verificar si la amplitud de variación y las magnitudes de diferenciación permanecen constantes a través de los años, ó cambian con el medio ambiente.

DISCUSION

Es evidente que existe más de una población de anchovetas a lo largo del Océano Pacífico Oriental Tropical. A base de los caracteres numéricos y morfométricos utilizados en este trabajo, las localidades estudiadas pueden ser separadas de la siguiente manera:

Vértebras

1. Almejas
2. El resto de las localidades estudiadas

Branquispinas

1. San Felipe-Nicoya-Montijo
2. Ahome-Banderas
3. Almejas-Guaymas-Panamá-Colombia

Radios de la aleta anal

Localidades del norte y localidades del sur

Escamas en una hilera longitudinal

1. San Felipe
2. Almejas-Guaymas-Nicoya-Colombia
3. Ahome-Tehuantepec-Montijo

Longitud Cefálica

1. San Felipe-Ahome-Montijo
2. Almejas-Guaymas-Banderas-Tehuantepec
3. Nicoya
4. Colombia
5. Panamá

Altura del cuerpo

1. San Felipe-Almejas-Ahome-Banderas-Colombia
2. Guaymas
3. Panamá
4. Tehuantepec-Nicoya
5. Montijo

Diámetro ocular

1. Almejas-Banderas-Tehuantepec
2. Guaymas
3. Almejas-Panamá-Colombia
4. San Felipe-Nicoya-Montijo

Al comparar, entre dos "grupos faunísticos" seleccionados arbitrariamente, el número de radios de la aleta anal, el número de branquispinas, las líneas de regresión del diámetro ocular en relación con la longitud cefálica, y la altura del cuerpo en relación con la longitud standard, se obtuvieron diferencias significativas. Esto podría ser interpretado como una indicación de que existe una diferencia real entre los peces del norte y los del sur, en su totalidad. Nuestras muestras indican que, en promedio, las anchovetas norteñas marcan la tendencia a poseer menos radios en la anal, más branquispinas, ojos más pequeños y cuerpos más bajos que las del sur. Sin embargo, puesto que los otros tres caracteres estudiados no sugieren diferencias entre estos dos "grupos faunísticos," y ya que la tendencia mencionada anteriormente sufre varias excepciones, las diferencias entre las distintas localidades no son atribuibles solamente a la latitud. En realidad no tenemos ninguna indicación de que las cuentas y proporciones sean más parecidas en los ejemplares de localidades cercanas o viceversa. A pesar de que aparentemente existe una cierta tendencia a la diferenciación entre los ejemplares del norte y los del sur, nuestras observaciones no sugieren que en la anchoveta las diferencias se produzcan en una progresión clinal y en relación directa con la latitud.

En la Tabla 23 hemos resumido las diferencias entre las distintas localidades. Se puede ver que no hay una sola localidad que no difiera de las demás en por lo menos uno ó más de los caracteres seleccionados, y que la mayoría difieren de las otras en por lo menos cuatro o cinco de los siete caracteres estudiados, y que la comparación de las líneas de regresión mediante un análisis de la covariancia ha dado resultados muy similares, aunque no idénticos.

Aunque existen razones poderosas para creer que las anchovetas del Golfo de Panamá y del Golfo de Nicoya provienen de la misma cepa genética, varios de los caracteres estudiados mostraron diferencias significativas entre las dos localidades. Esto, junto con ciertas diferencias, también significativas, que encontramos entre muestras de la misma localidad, pero de clases anuales diferentes, parece indicar que por lo menos varias de estas diferencias son de origen fenotípico y debidas a cambios en el medio ambiente. Sin embargo, la gran amplitud de variación encontrada entre las distintas localidades, en algunos de los caracteres investigados, así como el hecho de que ciertas diferencias entre los ejemplares de localidades diferentes han persistido de un año a otro, proporcionan nueva evidencia de que, independientemente de si las diferencias son de origen genético ó ambiental, las anchovetas de las principales localidades de carnada del Océano Pacífico Oriental Tropical, pueden ser consideradas como pertenecientes a "stocks" diferentes.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

Alverson, F. A. and B. M. Shimada

- 1957 A study of the Eastern Pacific fishery for tuna baitfishes, with particular reference to the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*).
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 2, No. 2, pp. 21-61 (English),
pp. 62-79 (Spanish).

Clothier, C. R.

- 1950 A key to some Southern California fishes based on vertebral characters.
Calif. Div. Fish and Game, Fish Bull., No. 79, 83 pp.

De Sylva, D. P., H. B. Stearns, and D. C. Tabb

- 1956 Populations of the black mullet (*Mugil cephalus* L.) in Florida.
Florida State Bd. Cons., Tech. Ser., No. 19, 45 pp.

Dice, L. R. and H. R. Leraas

- 1936 A graphic method for comparing several sets of measurements.
Univ. Michigan, Lab. Vert. Genetics, Contrib., No. 3, 3 pp.

Howard, G. V.

- 1954 A study of populations of anchoveta, *Cetengraulis mysticetus*, based on meristic characters.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 1, pp. 1-24 (Spanish summary).

Howard, G. V. and A. Landa

- 1958 A study of the age, growth, sexual maturity, and spawning of the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) in the Gulf of Panama.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 2, No. 9, pp. 389-437 (English) pp. 438-467 (Spanish).

Hubbs, C. L.

- 1922 Variations in the number of vertebrae and other meristic characters of fish correlated with temperature of water during development.
Amer. Nat., Vol. 56, No. 645, pp. 360-372.
1926 The structural consequences of modifications of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution.
Amer. Nat., Vol. 60, No. 666, pp. 57-81.

Hubbs, C. L. and C. Hubbs

- 1953 An improved graphical analysis and comparison of series of samples.
Syst. Zool., Vol. 2, No. 2, pp. 49-56.

Hubbs, C. L. and K. F. Lagler

1947 Fishes in the Great Lakes region.

Cranbrook Inst. Sci., Bull., No. 26, 186 pp.

Kendall, M. G.

1946 The advance theory of statistics.

Vol. 2, Charles Griffin and Co. Ltd., London. vii + 521 pp.

McHugh, J. L.

1942 Vertebral number of young herring in southern British Columbia.

Fish. Res. Bd. Canada, Jour., Vol. 5, pp. 474-484.

1951 Meristic variations and populations of northern anchovy (*Engraulis mordax mordax*).

Scripps Inst. Oceanogr., Bull., Vol. 6, No. 3, pp. 123-160.

Peterson, C. L.

1956 Observations on the taxonomy, biology, and ecology of the engraulid and clupeid fishes in the Gulf of Nicoya, Costa Rica.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 5, pp. 137-212 (English), pp. 213-280 (Spanish).

Rounsefell, G. A. and W. H. Everhart

1953 Fishery science, its methods and applications.

John Wiley and Sons, New York xii + 444 pp.

Schaefer, M. B.

1952 Comparison of yellowfin tuna of Hawaiian waters and of the American west coast.

U. S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., No. 72, Vol. 52, pp. 353-373.

1954 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1953.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Ann. Rept. for 1953, pp. 18-50 (English), pp. 51-87 (Spanish).

Schaefer, M. B. and L. Walford

1950 Biometric comparison between yellowfin tuna (*Neothunnus*) of Angola and of the Pacific coast of Central America.

U. S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., No. 56, Vol. 51, pp. 426-443.

Shimada, B. M. and M. B. Schaefer

1956 A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 7, pp. 347-421 (English), pp. 422-469 (Spanish).